



**SIEST Séminaire Inter laboratoires sur l'Éducation Scientifique
et Technologique, Réseau Méditerranéen de Recherches en
Education Scientifique et Technologique**

11-13 nov. 2016 Marseille (France)

Actes du V^{ème} Séminaire Inter-laboratoire sur l'Éducation Scientifique et Technologique (SIEST 2016 Méditerranée)

Enseignement des sciences et technologies dans une société de la connaissance

Jérémy Castéra, Alice Delserieys et Corinne Jégou (dir.)

Marseille du 11 au 13 novembre 2016
ESPE - Aix-Marseille Université - 63 La Canebière, 13001 Marseille

Séminaire Inter laboratoires sur l'Éducation Scientifique et Technologique

11-13 nov. 2016

Marseille

France

Table des matières

couverture _Actes _SIEST2016 _CJ.pdf	1
A Modeling Approach of AM's Learning Based on Activity Theory, Abouelala Mourad [et al.]	1
Analyse de l'activité enseignante Cas d'un enseignant de génie électrique, Khelif Sabri [et al.]	11
Analyse de la possibilité d'utiliser des Serious Games aux enseignements en éducation à l'entrepreneuriat, Charrouf Yousra [et al.]	19
Analyse des pratiques enseignantes de deux enseignants en éveil scientifique, Mbarik Lobna	30
Application de la classe inversée et l'apprentissage par problème dans un cours de programmation, Alaya Zied [et al.]	39
Apports de l'apprentissage/enseignement contextualisés authentiques : perceptions des étudiants au cycle DUT, Elmechrafi Nadia	47
Apprendre avec l'imprimante 3D : pour une meilleure efficacité de l'activité de conception créative d'objets, Ndiaye Yakhoub [et al.]	59
Ce que nous apprend l'histoire des sciences à propos du concept de fonction d'onde et impact sur l'enseignement de la physique quantique, Oldache Mustapha	69
Changing semiotic modes indicates new elements in children's reasoning: the case of earthquakes, Chachlioutaki Maria-Eleni [et al.]	79

Clouds as natural entities in preschool children's thought, Georgantopoulou Akrivi [et al.]	90
Connecting the teaching of mechanical work with the model of energy: a semiotic approach, Pantidos Panagiotis [et al.]	105
Contribution à l'évaluation des outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique, Gueye Youssoupha	115
Could philosophy inform biology education?, Gasparatou Renia [et al.]	125
Des difficultés en résolution de problèmes : quelles aides pour les élèves ?, Mazouze Brahim	132
Déséquilibres entre contrat et milieu didactiques: Cas de l'enseignement des signaux mécaniques en classe terminale, Mahjoub Afifa	143
Effets de la méthode coopérative par la technique dans l'enseignement/apprentissage actuel, Saint Fleur Kettie [et al.]	158
Enseigner les ondes mécaniques comme jeux d'apprentissage sur simulation, Ben Jemaa Ahmed [et al.]	166
Etude comparative des pratiques de deux enseignantes tunisiennes l'une novice l'autre expérimentée dans le cas de l'enseignement de la commutation par transistor pour des élèves de 2ème année sciences, Sonia Mannai	175
Forms of argument used by pre-school children, Zacharos Konstantinos [et al.]	185
From the First Lesson to one year later: Reflection of a French Teacher-Student, Impedovo Maria Antonietta [et al.]	197
Histoire de la résonance et stabilité de systèmes résonants: des planètes à l'atome, Mouhouche Ali [et al.]	208
Idées des élèves sur le hasard lors de discussions à visée philosophique, Coupaud Magali [et al.]	216

L'ENCHANTEMENT DANS L'ENSEIGNEMENT, Sotiropoulos Leonidas [et al.]	226
L'impact de l'exploitation du modèle volumique sur l'apprentissage de la construction mécanique dans la section sciences techniques en Tunisie, Jarray Ali [et al.]	233
L'impact de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant en classe – le cas de la résonance d'intensité, Saddouki Saida [et al.]	246
La place du constructivisme dans des scénarios pédagogiques numériques de la plateforme AESOP en Grèce., Gomatos Leonidas [et al.]	255
Le partenariat Enseignant-AESH dans l'enseignement scientifique pour des élèves en situation de handicap cognitif, Chauvot Nadeige	267
Mise en œuvre de la pédagogie par projets formels et non-formels en école d'ingénieurs., Mohamed Oubrekk [et al.]	277
Prédiction de la difficulté des tâches prescrites, Tabbakh Rafik	285
Quelles conditions influencent la réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de cycle 3 (grade 4 et 5) ?, Boyer Antonin [et al.]	298
Rapports des médiateurs à la médiation scientifique dans un contexte de partenariat école-université, Sefer Soraya [et al.]	310
Séquence d'enseignement de la symbolisation des grandeurs physiques, Ouarzeddine Ammar [et al.]	321
Teachers' conceptions of Environment in Togo, Dzamayovo Mensan Azadzi [et al.]	330
Technical objects in French middle school: Three-steps project, Impedovo Maria Antonietta [et al.]	340
The environments of educational robotics in early childhood education: towards a didactical analysis, Komis Vassilis [et al.]	351

The soil in the classroom: a middle school case study, Pieraccioni Fabio [et al.]	360
Usage des technologies en mathématiques à l'école maternelle et connaissances professionnelles des professeurs, Besnier Sylvaine	369
Étude de l'articulation des prescriptions des formations et des pratiques sociales de référence, Hannaoui Maria [et al.]	387
Liste des sponsors	401
Liste des auteurs	404

A modeling approach of Additive Manufacturing's learning based on Activity Theory

MOURAD ABOUELALA¹, MOHAMED OUBREK¹, MOURAD TAHA JANAN¹,
PASCALE BRANDT-POMARES²

¹*École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, Rabat
Mohammed V University
Maroc
m.abouelala@um5s.net.ma*

²*Aix-Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
Pascale.BRANDT-POMARES@univ-amu.fr*

ABSTRACT

Implications 3D printing technology in the learning of new manufacturing technology and engineering are growing rapidly. 3D printing is a process of manufacturing solid objects and parts from a digital model without cutting tools and fixture systems. Although 3D printing is a powerful tool to empower learners through object creation, the need to put this learning in the context of education is necessary. This paper discusses how an Activity Theory model outlines and makes clearer the interactions student/ 3D printer learning in a global education context.

KEYWORDS

3D printing technology, Activity Theory, modeling's approach of Additive Manufacturing, fablabs

RÉSUMÉ

Les implications de l'impression 3D dans l'apprentissage des nouvelles technologies de fabrication et de l'ingénierie se développent rapidement. L'impression 3D est un procédé de fabrication d'objets solides et des pièces à partir d'un modèle numérique et ceci sans avoir recours aux outils de coupe ni aux systèmes de fixation. Bien que l'impression 3D soit un outil puissant pour l'habilitation des apprenants à travers la création d'objets, la nécessité de mettre cet apprentissage dans le contexte de l'éducation est nécessaire. Cet article explique comment le modèle de la théorie de l'activité présente et rend plus claire les interactions étudiant / apprentissage de l'impression 3D dans le contexte de l'éducation.

MOTS-CLÉS

Technologie de l'impression 3D, théorie de l'activité, modélisation de l'apprentissage de l'impression 3D, fablabs

INTRODUCTION

Companies are facing an increasingly uncertain industrial environment, in one hand the changes in the global competition, the expectations and needs of customers are becoming more specific, in second hand the rapid evolution of technology.

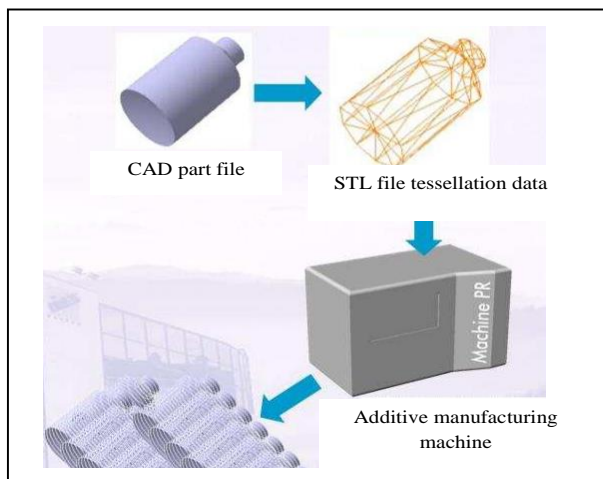
Civilizations were based on the forming of objects but claim for economic ecosystems that are improving the product accuracy, timeliness, reduction of equipment and material costs, development of new products and materials which had resulted in the emergence of flexible production methods such as additive manufacturing.

Additive Manufacturing (AM) is defined by American Society for Testing and Materials as ‘the process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer’ (ASTM 2012). AM has become an integral part of modern product development and the technology has been commercialized to the extent where machines are now affordable even for home use. Industrial applications are apparent in aerospace and automotive manufacturing, a wide range of medical applications and for the production of prototyping models for aesthetic and functional testing (Mark, Evans & Ian, 2003).

ADDITIVE MANUFACTURING PROCESS

AM can be described as a direct of streamlined computer Aided design to manufacturing process as illustrated by (figure 1 and figure 2). There is little intervention between the design and manufacturing stages compared to conventional CNC machining.

FIGURE 1



Stages of AM process

FIGURE 2



AM's machine and computer control

PROBLEMATIC OF AM'S LEARNING

The conventional manufacturing is and will remain core to how many products are manufactured.

The approach of conventional manufacturing processes such as conventional CNC machining in education have standard theories of learning.

CNC machining learning in education is focused on processes where a subject acquires some identifiable knowledge or skills in such a way that a corresponding, relatively lasting change in the behaviour of the subject may be observed. It is a self-evident presupposition that the knowledge or skill to be acquired is itself stable and reasonably well defined. There is a competent 'teacher' who knows what is to be learned.

The problem is that some kinds of learning in education violate this presupposition. Students are some times learning something that is not stable, not even defined or understood ahead of time such as AM.

AM is new manufacturing process in education, the question is: What is the AM's efficient learning model to be adopted in education schools?

To achieve the full potential of AM, engineers' students must know how to design products for fabrication via AM. In addition, engineers students must not only understand AM technologies and materials, they must also be able to synthesize its economic and environmental impacts on a manufacturing value chain.

Design and manufacturing is considered to be the central or distinguishing activity of engineering (Wohlers, 2010). Research on engineering design thinking and learning has established that design is hard to learn and harder to teach (Simon, 1996).

How does learning occur? Cognitive theories stress the acquisition of knowledge and internal mental structures and, are, so, closer to the rationalist end of the epistemology continuum (Atman, Kilgore & McKenna, 2008). Learning is equated with discrete changes between states of knowledge rather than with changes in the probability of response. Knowledge acquisition is described as a mental activity that entails internal coding and structuring by the learner.

Instead, engineering design pedagogy follows the constructivist learning theory, in which it is postulated that students form knowledge representations of new information by building on their previous knowledge and experiences (Bower & Hilgard, 1981). If the new information has few connections to what they already know, learning will not occur, nor will students be motivated to learn (Pellegrino, 2006). Thus, effective instruction must provide experiences in which students actively construct knowledge by adjusting, rejecting, or modifying their prior beliefs and understanding based on their experiences (Albanese & Mitchell, 1993).

When students construct a new meaning, they may not believe it but may give it provisional acceptance or even rejection. Learning is an active process that depends on the students taking responsibility to learn.

The main activity in a constructivist classroom is solving problems. Students use inquiry methods to ask questions, investigate a topic, and use a variety of resources to find solutions and answers. As students explore the topic, they draw conclusions, and, as exploration continues, they revisit those conclusions. Exploration of questions leads to more questions.

There is a great deal of overlap between a constructivist and social constructivist classroom, with the exception of the greater emphasis placed on learning through social interaction, and the value placed on cultural background. For Vygotsky, culture gives the child the cognitive tools needed for development. Adults in the learner's environment are conduits for the tools of the culture, which include language, cultural history, social context, and more recently, electronic forms of information access.

In social constructivist classrooms collaborative learning is a process of peer interaction that is mediated and structured by the teacher. Discussion can be promoted by the presentation of

specific concepts, problems or scenarios, and is guided by means of effectively directed questions, the introduction and clarification of concepts and information and references to previously learned material.

Where a teacher and 2 to 4 students form a collaborative group and take turns leading dialogues on a topic. Within the dialogues, group members apply four cognitive strategies:

- Questioning
- Summarizing
- Clarifying
- Predicting

This creates a ZPD in which students gradually assume more responsibility for the material and through collaboration, forge group expectations for high-level thinking, and acquire vital skills for learning and success in everyday life.

The three theories cognitivism, constructivism and social constructivism can be adopted in an environment generally known technology and defined environment. The problem is that much of the most intriguing kinds of learning in work organizations violate this presupposition. People and organizations are all the time learning something that is not stable, not even defined or understood ahead of time.

As AM technology is recent manufacturing process, the learning environment in incessant evolution and changes this calls for a new learning approach such as expansive learning.

EXPANSIVE LEARNING AND ACTIVITY THEORY

A social learning model which has been expounded in a rather profound, dialectical, and some what philosophical way, is Yrjö Engeström's expansive learning theory (Engeström, 1987). Viewing psychology to be "at the limits of cognitivism", Engeström constructed a "coherent theoretical [instrument]" for grasping and bringing about processes where "circumstances are changed by men and the educator himself is educated".

Engeström voiced a rather strong view against a notion of learning "limited to processes of acquisition of skills, knowledge and behaviors, already mastered and codified by educational institutions", arguing that such a perspective makes learning irrelevant to the discovery and implementation of novel solutions:

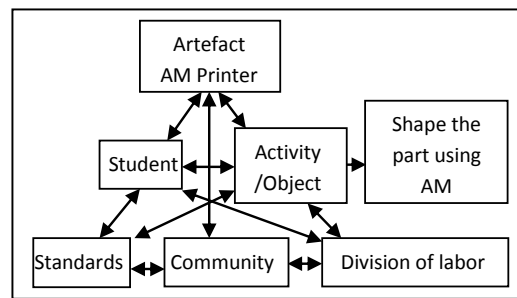
If our notion of learning is limited to processes of acquisition of skills, knowledge, and behaviors already mastered and codified by educational institutions and other accepted representatives of cultural heritage, then finding and implementing future-oriented novel solutions to pressing societal problems has little to do with learning.

He proposed that a historically new form of learning, namely expansive learning of cultural patterns of activity that are not yet there, is emerging and needs to be understood.

The student as a member of a community living in a social environment, community is subjected to conditioning under the factors just mentioned, hence the need to take this into account, this is narrated through representation of Engeström.

According to the activity theory ; the performance of students working on a AM process is conditioned by several factors including those relating to the student, the artifact that are the printer; the professor and organizational setting and environment which is the industrial companies.

FIGURE 3



Schematization of the Student/AM printer interaction according to the activity theory due to Engström

Some of main relationships in this schematization are defined below.

The relationship between the student and the activity/object is mediated by the AM printer that is a technology tool and the tutorial. In this context, an activity represents a learning activity, which is broken down into actions and operations. The object represents the top level performance goal for the activity that is student's ability to perform part using AM technology.

The relationship between the student and the community that he is a part of it is mediated by a set of rules. Rules may encompass obligations, standards, regulations, and procedures.

The division of labor mediates the relationship between the community and the activity/object. The community may be either formally, who is teacher, or informally who is classmate. It is established depending upon the level of competencies needed to achieve the required performance outcome.

An implied relationship exists between the technology/tool and the community, and is mediated by the level of collaboration facilitated by the community. How does the level of collaboration within internally and externally situated communities (such as companies, AM developers, type of industry) of practice socially mediate the affect of technology?

An implied relationship exists between rules and the activity/object, and is mediated by the cultural setting and social context in which the activity occurs. How do different cultures and social settings (e.g., geographical separation and virtual teams) affect how rules are interpreted in activity-based performance?

An implied relationship between the division of labor and the student mediated by the student's perception affects his level of participation. How does this perception affect motivation to use AM technology for self-directed informal learning activities to achieve a performance outcome?

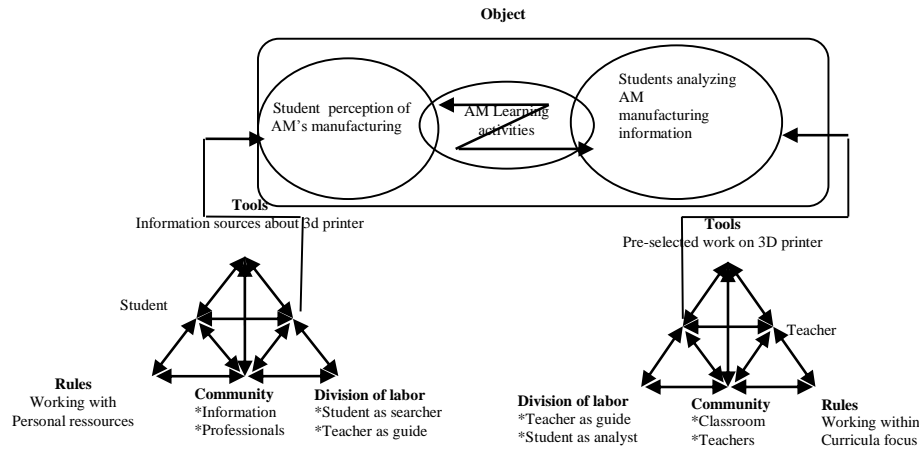
As activity systems are increasingly interconnected and interdependent, many recent studies of expansive learning take as their unit of analysis a constellation of two or more activity systems that have a partially shared object. Such interconnected activity systems may form a teacher-student relationship, a partnership, a network or another pattern of multi-activity collaboration.

The teacher's activity system is currently oriented at completing teaching strategies. The student's activity is oriented at learning and acquisition knowledge and competencies.

The two activity systems are intertwined in that they must act together to produce learning and competencies; yet their objects are different and there is increasing tension between them

(Figure 4). This state can be changed by means of an expansive learning process in which the two parties together generate a new shared object and concept for their shared activity.

FIGURE 4



The interdependent activity systems of student and teacher

Contradictions are the necessary but not sufficient engine of expansive learning in an activity system. In different phases of the expansive learning process, contradictions may appear (a) as emerging latent primary contradictions within each and any of the nodes of the activity system, (b) as openly manifest secondary contradictions between two or more nodes, (c) as tertiary contradictions between a newly established mode of activity and remnants of the previous mode of activity, or (d) as external quaternary contradictions between the newly reorganized activity and its neighboring activity systems.

Conflicts, dilemmas, disturbances and local innovations may be analyzed as manifestations of the contradictions. There is a substantial difference between conflict experiences and developmentally significant contradictions. The first are situated at the level of short-time action, the second are situated at the level of activity and inter-activity, and have a much longer life cycle. They are located at two different levels of analysis. The roots of conflicts can be explored by shifting from the action level of conflict to the activity level of contradiction (Sannino, 2005).

Contradictions become actual driving forces of expansive learning when they are dealt with in such way that an emerging new object is identified and turned into a motive: “the meeting of need with object is an extraordinary act” (Leont’ev, 1978).

RESEARCH METHODS

The AM enables new forms of teaching and learning and demands major shifts in teachers’ professional practice. Thus professional development needs to be redirected from refining established practice (Higgins, Beauchamp & Miller, 2007) towards pervasively transforming practice (Mishra & Koehler, 2006). A transformed teaching practice requires comprehensive learning towards the notion of expansive learning (Engeström, 2001).

In expansive learning the subject of learning is transformed from an individual to a collective or a network of activity systems.

Originally directed at learning in the workplace that is in our case 3D practical workshop, and how learning at work produces new forms of work activity, this theory keeps a sharp focus on learning and systemic modification and adaptation. It is a theory of learning that demonstrates how and why prior knowledge is transformed through a cyclical sequence into new, internalized, and transferable knowledge. New and pre-existing knowledge is synthesized to create new knowledge that can lead to improvements and modifications of knowledge and social practice. (*Two aspects for teacher: teaching methods and project difficulties; for students: learning new manufacturing technology such as AM manufacturing and project difficulties*)

Expansive learning is a cycle or spiral of learning that commences with questioning. The cycle then moves through a sequence of analysis: the double bind becomes apparent; the new solution or breakthrough is modelled; trial (*examining and testing the new model*) and evaluation of an adjusted model take place; and, through adjustment and enrichment, this new model is implemented. This is followed by reflection on the process and finally the consolidation of new practice and the extrapolation of this to generalization of this learning.

This cycle is not unidirectional, but rather that movement occurs “back and forth between the different actions”. Nor is this cycle immune from disruption, partial or complete.

To implement the research method, we will report from a sample of engineering schools and universities innovative AM projects, where students or group of students and their teachers collaborate in new situations to achieve of new works.

The sample size must be significant for the research, while there is no steadfast rule; there are a number of well-researched approaches Rule of 500. Comrey and Lee (1992) thought if sample size is 100 = poor, 200 = fair, 300 = good, 500 = very good, 1,000 or more = excellent They urged researchers to obtain samples of 500 or more observations whenever possible (in MacCallum, Widaman, Zhang & Hong, 1999, p. 84).

TREATMENT STAGES AND EXPECTED RESULTS

The research design includes four stages and employs primary methods of semi-structured interviews and surveys, including both students and teachers.

The investigation will involve 300 students’ engineering schools and universities and 300 teachers. A variety of data such as; hands-on workshop observations, practical productions, interviews and content analysis of teachers’ planning and reflection notes provides the basis for our analysis along with activity theory as an analytical framework.

Stage one involved exploratory work during new AM projects, where students or group of students and teachers collaborate in new situations to achieve of new works. This period will enable us to develop the scope and direction of an appreciative inquiry into participant experiences, while also reflexively considering the pedagogical outcomes of the program.

Stage two we will synthesize a literature review with preliminary participant observation data to further develop students’ and teachers’ questionnaire.

Stage three involved data collection and designing the questionnaire about (who are learning; why do they learn; what do they learn and how do they learn) to a sample of students and to teachers about (who are teaching; why do they teach; what do they teach and how do they teach), then submitting questionnaire to students and teachers.

Stage four concerns the third strategic action in expansive learning that is modeling. Modeling is already involved in the formulation of the framework and results of the *analysis of contradictions deduced from the analysis of previous questionnaires*, and it reaches its end result in the modeling of the new solution, the new instrumentality, the new pattern of AM learning activity.

CONCLUSION: POTENTIAL AND OPPORTUNITIES FOR USE OF AM IN EDUCATION

By expansive learning we mean the capacity of engineers' students to interpret and expand the definition of the object of new manufacturing technology learning and respond to it in increasingly enriched ways.

This paper present Additive Manufacturing learning pedagogy that follows the constructivist and socio constructivist learning models, and propose another approach based on expansive learning. This approach may provide to students new opportunities for action and interest in engineering education domain.

AM reflects the effectiveness expected from the use of the new digital tool in terms of the teaching-learning of manufacturing process. It is a potential tool to be efficient in the manufacturing teaching and learning process which is important for technical universities.

From the interviews with students, fablab users, teachers and observing the students and fablab users engaged in AM's activities we will be able to understand the different perspectives of AM's learning.

In an other perspectives of this research, we plan to conduct a project-based learning with a first sample of students from technical universities and a free work chosen by learners of a second sample from Fablabs using 3D printers to compare the effects of two strategies on the effectiveness of the AM's learning process.

REFERENCES

- Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-Based Learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68, 52-81.
- ASTM (2012). ASTM F279210 Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. American Society for Testing and Materials (ASTM). Retrieved from <http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/F279210.htm>.G.
- Atman, C., Kilgore, D., & McKenna, A. (2008). Characterizing Design Learning: a mixed-methods study of engineering designers' use of language. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 309-326.
- Bower, G. H., & Hilgard, E. R. (1981). *Theories of learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity: theoretical approach to development research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.

- Higgins, S., Beauchamp, G., & Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 213-225.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- MacCallum, R. C., Widaman, K. F., Zhang, S., & Hong, S. (1999). Sample size in factor analysis. *Psychological Methods*, 4, 84-99.
- Mark, A., Evans, R., & Ian, C. (2003). A comparative evaluation of industrial design models produced using rapid prototyping and workshop based fabrication techniques. *Rapid Prototyping Journal*, 9(05), 344-351.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Pellegrino, J. W. (2006). *Rethinking and redesigning curriculum, instruction and assessment: What contemporary research and theory suggests*. USA: National Center on Education and the Economy for the New Commission on the Skills of the American Workforce.
- Sannino, A. (2005). Cultural-historical and discursive tools for analyzing critical conflicts in students' development. In K. Yamazumi, Y. Engeström & H. Daniels (Eds.), *New learning challenges: Going beyond the industrial age system of school and work* (pp. 165-195). Osaka: Kansai University Press.
- Simon, H. A. (1996). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wohlert, T., (2010) *Wohlert Report 2010: Additive Manufacturing state of the industry annual worldwide progress report*. Fort Collins, Colorado: Wohlert Associates, Inc.

Analyse de l'activité enseignante **Cas d'un enseignant de génie électrique**

Sabri KHLIFI¹ Chiraz BEN KILANI²

¹Laboratoire Education Didactique et Psychologie, Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue, Tunis, Tunisie sabrikhlifi@gmail.com

²Laboratoire Education Didactique et Psychologie, Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue, Tunis, Tunisie chiraz.benkilani@isefc.rnu.tn

RÉSUMÉ

Cet article rend compte d'une analyse de l'activité en classe d'un enseignant tunisien de génie électrique. L'intérêt est porté sur la manière de l'utilisation d'artefacts en classe notamment des documents à trous et des maquettes d'expérimentation et sur les significations qui en découlent. L'observation audio-visuelle et les entretiens d'autoconfrontations simples et croisées avec d'autres enseignants, nous ont éclairé sur le processus d'instrumentalisation que mobilisent les enseignants dans l'usage d'artefacts pour en faire des instruments d'enseignement du thème des amplificateurs linéaires intégrés.

MOTS-CLÉS

Activité, Artefact, Instrument, instrumentalisation.

ABSTRACT

This article presents an analysis of the activity in the classroom of a Tunisian teacher of electrical engineering. The interest is focused on how the use of classroom artifacts including documents for holes and experimental models and the meanings that result. The audio-visual observation and interviews autoconfrontations simple and crossed with other teachers have informed us about the process of instrumentalization that mobilize teachers in the use of artifacts to make educational instruments theme integrated linear amplifiers.

KEYWORDS

Activity, Artifact, Instrument, Instrumentalization.

CADRE THÉORIQUE

Contexte de l'étude

L'enseignement du thème des amplificateurs linéaires intégrés fut introduit dans les programmes scolaires tunisiens de terminale en (1991). A partir de l'année scolaire (2008-2009), l'enseignement d'une première partie du thème est devenu consacré aux élèves de troisième année secondaire, la deuxième partie est pour les élèves de quatrième année. Les concepteurs du programme recommandaient les enseignants, via les textes officiels et les manuels scolaires, de se baser sur des activités de structuration de connaissances et/ou de

vérification de concepts. Outre le manuel d'activités, les enseignants préparent des documents de cours à compléter par les élèves en classe et des maquettes d'expérimentation de montages amplificateurs à base du circuit intégré "LM741" ou de son équivalent. Le temps alloué à l'enseignement du thème est de 12 heures réparties sur 3 séances de quatre heures. Ce temps est estimatif et traduit le temps nécessaire à l'enseignant pour accomplir le chapitre des A.L.I en respectant les recommandations du programme.

Problématique

Partons de la définition d'Audrey Murillo & al (2010), « une genèse instrumentale est un processus d'appropriation d'un outil par un sujet, qui en fait un instrument (un outil auquel il y associe des schèmes d'utilisation) » et du postulat que l'enseignant construit des schèmes, organisations invariantes de l'action, pour mener à bien ses séances (Audrey Murillo & al , 2010), et que ces schèmes peuvent être associés à des « artefacts » qui deviennent « instruments » (Rabardel, 1995), on va chercher comment les enseignants tunisiens de génie électrique utilisent-ils les documents de cours à trous et les maquettes d'expérimentation pour en faire des instruments d'enseignement du thème des amplificateurs linéaires intégrés.

Pour répondre à cette question on va, tout d'abord, analyser l'activité enseignante dans le cadre de la théorie de l'activité (Leontiev, 1978) qui s'apprête à être un cadre d'analyse de l'activité enseignante vue les niveaux hiérarchiques des « activités », des « actions » et des « opérations » proposés par le psychologue russe. Puis, dans le cadre d'une approche instrumentale (P. Rabardel, 1995), on va analyser les données recueillies des observations audio-visuelles en classe et des entretiens d'autoconfrontations simples et d'autoconfrontations croisées (Clot, 2000).

Afin de comprendre l'utilisation des documents à trous et des maquettes d'expérimentation en classe et les significations qu'ont les enseignants à propos de leur façon d'utiliser ces outils, nous allons interroger leurs processus de genèse instrumentale notamment le processus d'instrumentalisation. En effet, savoir quelles sont les fonctions principales que privilégient les enseignants dans l'usage des documents à trous et des maquettes d'expérimentation et pourquoi ils les considèrent ainsi ?

Nous pensons que l'articulation de la théorie de l'activité (Leontiev, 1978) avec le cadre conceptuel de la théorie instrumentale (P. Rabardel, 1995) pourrait nous être utile dans la recherche d'éléments de réponses sur la manière d'usage d'artefacts en classe et les significations qui en découlent.

METHODOLOGIE

Dans cette recherche, l'attention est portée sur l'utilisation du document de cours à trous et de la maquette d'expérimentation. Nous avons analysé ces outils pour se rendre compte des objectifs et des intentions de l'enseignant à observer. L'analyse du document de cours nous permettra d'identifier le savoir à enseigner et notamment les connaissances à compléter par les élèves sur le document à trous. L'analyse de la maquette d'expérimentation va servir pour identifier les possibilités de réalisations de montages amplificateurs qu'elle offre.

La séance observée porte sur le thème des amplificateurs linéaires intégrés destiné aux élèves tunisiens de 3^{ème} année secondaire de la section Sciences Techniques. Aucune intervention de notre part portant sur le déroulement de la séance n'a été faite avant la séance. L'enseignant "P" mène sa séance comme il l'a programmée. L'outil d'observation est une caméra mobile dont son objectif est visé principalement sur l'enseignant.

Nous attendons qu'une analyse à priori menée dans le cadre de la théorie de l'activité (Leontiev, 1978) permettra de caractériser les activités de l'enseignant en identifiant pour chaque activité les actions et leurs buts et pour chaque action les opérations réalisées par l'enseignant au moyen d'instruments. Les données recueillies sont dressées dans des tableaux. Nous avons opté à subdiviser la séance observée en une suite d'activités correspondantes aux séquences d'enseignement en rapport avec la progression du savoir enseigné. Chaque tableau constitue une activité de l'enseignant, les actions associées qu'il réalise et les opérations qu'il effectue au moyen d'instruments.

L'interprétation des résultats est conduite par la vérification du niveau de régulation « efficacité » avancé par Leontiev (1978) qui traduit le rapport entre le but de l'action et les moyens utilisés. L'utilisation « catachrétiques » ou détournement des documents à trous et de la maquette seront aussi repérés et interprétés.

Après observation en classe, un entretien d'auto confrontation simple est réalisé avec l'enseignant observé "P" au cours duquel il observe l'enregistrement vidéo de la séance qu'il a réalisée et intervient délibérément en arrêtant le déroulement de la séquence vidéo pour expliquer et commenter ses actions en classe. Chaque intervention de sa part déclenche une discussion avec le chercheur "CH". La séance d'entretien d'auto confrontation simple est enregistrée par vidéo.

Trois entretiens d'autoconfrontations croisées avec trois enseignants "P₁", "P₂" et "P₃" de la même discipline sont enregistrés par vidéo. Chaque séance est réalisée avec un enseignant en l'absence de l'enseignant observé "P". Nous attendons que le croisement des données recueillies pourrait nous éclairer sur les significations qu'ont les enseignants à propos de leurs utilisations de documents à trous et des maquettes d'expérimentation en classe. La liberté est laissée à chaque enseignant d'intervenir et d'arrêter la séquence filmée. Leurs interventions et leurs commentaires constituent un moment de discussions avec le chercheur "CH".

Les données recueillies des enregistrements vidéo de la séance d'auto confrontation simple et celles d'autoconfrontations croisées sont transcrites par logiciel "TRANSANA" puis analysées dans le cadre de la théorie instrumentale.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Analyse de la maquette expérimentale

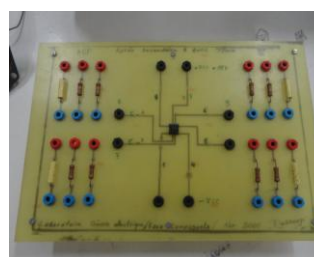
La maquette sert à réaliser des montages fondamentaux tels que l'inverseur, le non inverseur, l'additionneur, le soustracteur le comparateur...etc. Ces montages seront étudiés au cours des séances prochaines portant sur le thème des amplificateurs linéaires intégrés.

FIGURE 1



Outils utilisés au cours de l'activité n°2

FIGURE 2



Maquette expérimentale

Le montage faisant l'objet de l'activité n°2 et qui figure à la page 102 du manuel d'activités ne peut être réalisé par la maquette que si l'on ajoute un interrupteur pour mettre en circuit ou hors circuit le bloc "A" composé par le circuit intégré LM 741.

Analyse des activités

L'analyse du document de cours à trous nous a permis d'identifier les objectifs visés par l'enseignant et, par conséquent subdiviser la séance en cinq activités. Des tableaux regroupent pour une même activité, les actions avec leurs buts et les opérations effectuées au moyen d'instruments. Nous présentons le tableau d'analyse de l'activité n°2 réalisée par l'enseignant observé.

TABLE 1
Tableau d'analyse de l'activité n°2

Activité 2 (durée : 8' 18'')								
Objet : Découvrir la fonction amplification								
Action 1			Action 2			Action 3		
But : Présenter les éléments du montage			But : Mettre en œuvre le montage			But : Identifier le rôle du bloc A		
<i>Opération</i>	<i>Réalisée par</i>	<i>Instrument</i>	<i>Opération</i>	<i>Réalisée par</i>	<i>Instrument</i>	<i>Opération</i>	<i>Réalisée par</i>	<i>Instrument</i>
Lire les données de l'activité écrites à la page 102 du manuel d'activités	Un élève	Manuel d'activités	Mettre sous tension le montage	Enseignant	- G.B.F - Alimentation	Discuter de la différence des deux sons	Enseignant Elèves	Langage
Expliquer le rôle du GBF	Enseignant	G.B.F	Brancher le haut parleur directement au G.B.F et faire écouter un son	Enseignant	- G.B.F - Alimentation - Haut-parleur - Fils conducteurs	Dictier une phrase pour répondre à la première question	Enseignant	- Langage - Manuel d'activités
Présenter le haut parleur	Enseignant	Haut-parleur	Brancher le haut parleur à l'entrée de la maquette et faire écouter le même son	Enseignant	- G.B.F - Alimentation - Haut-parleur - Maquette - Fils conducteurs	Lire la deuxième question de l'activité	Un élève	Manuel d'activités
Présenter le bloc A	Enseignant	Manuel d'activités	Brancher le haut parleur à la sortie de la maquette et faire écouter un son plus fort	Enseignant	- G.B.F - Alimentation - Haut-parleur - Maquette - Fils conducteurs	Dictier une phrase pour répondre à la deuxième question	Enseignant	- Langage - Manuel d'activités
Déclarer que le bloc A fera l'objet de la découverte	Enseignant	Langage				Mettre hors tension le montage	Enseignant	- G.B.F - Alimentation
Ecrire sur le schéma du manuel la lettre "K" désignant l'interrupteur	Tous les élèves	Manuel d'activités						
Lire les consignes de l'activité	Un élève	Manuel d'activités						

Interprétations

La maquette ne matérialise pas le schéma structurel qui figure au manuel scolaire à cause de l'absence de l'interrupteur K. L'enseignant se trouve alors obligé de manœuvrer le fil conducteur avant et après le bloc "A" pour montrer la différence du son dans les deux cas.

La discussion avec les élèves a été détournée par l'enseignant qui a mis l'accent sur le rôle du G.B.F, sur la nature des différents signaux qu'il délivre et qui est allé même définir le G.B.F. Ceci n'a pas d'importance en rapport avec l'objet de cette activité.

Le composant essentiel qu'est le circuit intégré LM741, n'a pas été présenté sur la maquette pour montrer aux élèves le composant qui est à l'origine de l'amplification.

L'enseignant n'a pas permis aux élèves de manipuler eux-mêmes le montage et de découvrir le circuit LM741 ce qui ne répond pas au but de l'action et à l'objectif de l'activité de découverte qui figure au manuel où l'élève est appelé à manipuler l'interrupteur "K".

Analyse des données recueillies de l'entretien d'auto confrontation simple

Utilisation du document à trous

L'enseignant observé "P" privilégie les fonctions du document à trous compatibles avec ses schèmes antérieurs. Il mobilise un processus d'instrumentalisation du document qui devient

un instrument. Pour lui, le document à trous servirait pour faire écrire les élèves les mots qu'il voit intéressants malgré qu'il sache à l'avance que ces mots sont difficiles à trouver par les élèves.

ENCADRÉ 1

Extrait 1 : transcription de l'entretien d'auto confrontation simple

"P" : j'ai utilisé la méthode interrogative, je donne les questions aux élèves, bien sûr puisque cette leçon c'est riche d'informations des mots techniques nouveaux, un composant nouveau, et j'ai essayé de...de...de présenter si vous voulez le composant et certainement il y'avait des mots que l'élève ne connaît pas.

"CH" : pourquoi ne pas les laisser combler le trou ?

"P" : j'ai utilisé le cours à trous, j'ai effacé seulement les mots clés.

"CH" : comment vous choisissez ces mots clés ?

"P" : Ah oui, ..., d'après ce que je vois, d'après les questions que j'ai préparé d'avance, par exemple, l'élève doit savoir que cette opération doit être..., il doit arracher si vous voulez le mot amplifier du signal, à ce moment là je...j'efface si vous voulez de cette partie.

"CH" : donc, d'après vous ces mots clés...

"P" : oui

"CH" : c'est intéressant que les élèves les écrivent ?

"P" : intéressant pour l'élève, c'est lui-même qui va écrire...ce mot sur son document

"CH" : on peut diminuer le nombre de trous, ce n'est pas la peine laisser trop

"P" : je ne vois pas ça, je ne vois pas ça.

L'enseignant observé affirme que l'utilisation du document à trous permet d'appliquer une méthode interrogative avec les élèves et les faire découvrir les mots à compléter. Selon lui, le document à trous lui permet de « s'entretenir » avec les élèves. Il ajoute que cette méthode est efficace et lui permet de gagner du temps. Il reconnaît que c'était un cours magistral puisque, selon lui, le cours est « riche » de connaissances nouvelles qu'il devrait enseigner durant seulement deux heures. Il ne voit pas autre façon de faire.

Utilisation de la maquette d'expérimentation

L'enseignant observé "P" instrumentalise la maquette d'expérimentation qui, au moment de la conception, a été prévue pour réaliser les montages fondamentaux à base d'A.L.I. Il utilise cette maquette pour réaliser un autre montage faisant objet d'une activité du manuel scolaire.

Bien que cette maquette est prévue pour que les élèves complètent eux-mêmes le branchement, l'enseignant réalise lui-même le montage. Il privilégie la fonctionnalité du montage de la maquette qui laisse entendre aux élèves un son faible puis un son amplifié après avoir manipuler un fil conducteur au lieu de prévoir un interrupteur à cet effet.

Il argumente sa façon d'utiliser la maquette par le fait que ce n'est pas nécessaire que les élèves réalisent le montage ou s'approcher de la maquette, il suffit d'entendre le son amplifié et de déduire le mot qu'il cherchait : "amplifier".

Lors de la séance d'autoconfrontation simple, l'enseignant "P" intervient à la 9^{ème} minute et déclenche une discussion dont sa transcription est présentée par l'encadré 2.

ENCADRÉ 2

Extrait 2 : transcription de l'entretien d'autoconfrontation simple

"P" : Il y'a beaucoup d'application parmi une première application que l'élève peut constater c'est là... l'amplification du son et pour amplifier le son j'ai utilisé cette maquette et... c'est sur le contenu de cette maquette l'élève jusqu'à maintenant ne sait pas ce qu'il y'a dans la maquette les constituants ci vous voulez de l'amplificateur c'est l'objectif de cette leçon il ne sait pas ce qu'il est entrain de faire mais essentiellement l'élève jusqu'à maintenant il a constaté que le son émis par le bloc A c'est l'amplificateur si vous voulez est beaucoup plus important que celle émis directement par le GBF à ce moment là il l'a dit la première élève si vous voulez, le premier qu'il a dit que le son est élevé, l'autre il a dit que le son est amplifié et c'est le mot que l'on cherchait si vous voulez d'où le nom d'amplificateur opérationnel.

"CH" : Au début de la leçon, vous avez dit que nous allons étudier les amplificateurs opérationnels, le titre est déjà sur ...Pensez vous qu'il faut pas, il faut pas écrire le titre ?

"P" : Au début, oui c'est possible...oui c'est possible, c'est possible avant de donner le titre de la leçon. Je fais l'expérience et pour voir d'où le nom d'amplificateur opérationnel.

Concernant la participation des élèves à la réalisation ou à la découverte du montage, l'enseignant ne voit pas une obligation de les inviter puisque le seul objectif est de faire entendre un son amplifié.

Analyse des données recueillies des entretiens d'auto confrontations croisées

Les trois enseignants "P1", "P2" et "P3" pensent que le document à trous est nécessaire à l'élève pour pouvoir réviser chez lui. Pour eux, les mots manquants permettent d'attacher l'attention des élèves et de les laisser « connectés » avec la leçon. Ils voient aussi que l'enseignant aurait du préparer des activités pour aider les élèves à compléter le document à trous.

ENCADRÉ 3

Extrait de la transcription de l'entretien d'autoconfrontation croisée avec l'enseignant "P3"

"CH" : mais pourquoi,...est ce que vous pouvez me dire pourquoi il a utilisé un document à trous, y'a-t-il d'autres moyens ?

"P₃" : d'autres moyens Euff..., je sais pas, polycopés à trous pour nous c'est nécessaire pour la leçon pour les élèves afin de réviser ou quoi que ce soit on ne peut pas, c'est essentiel polycopés à trous

"CH" : et pourquoi les trous ?

"P₃" : les trous, pour qu'il..., l'élève doit rester toujours connecté avec la leçon si on présente tous Euh... Eh ce n'est pas intéressant pour l'élève, il faut attacher toujours l'attention de l'élève à ajouter les mots clés,... tension différentielle tension de sortie, tension de polarisation, etc les mots clés à mon avis

"CH" : et si les mots clés sont dites par l'enseignant est ce qu'il aura aussi un attachement ?

"P₃" : c'est vrai.

"CH" : comment exploiter ce document à trous, d'après vous ?

"P₃" : peut être par petits groupes, laisser les élèves travailler un peu au crayon sur leurs feuilles et puis formuler ce qu'il veut atteindre, formuler la définition ou...

Les trois enseignants pensent que l'objectif de l'utilisation de la maquette est atteint puisque les élèves ont pu entendre un son faible puis un son amplifié. Un enseignant parmi les trois voit que le montage réalisé sur la maquette n'est pas conforme au schéma du manuel scolaire et que ceci représente une « déformation » pour l'élève.

ENCADRÉ 4

Extrait de la transcription de l'entretien d'autoconfrontation croisée avec l'enseignant "P3"

"P3" : les élèves ici ont bien compris la fonction pourquoi ? Parce que le professeur a bien présenté la maquette

"CH" : que pensez-vous Euh... de la disposition des élèves, est ce que la simple observation peut amener l'élève à comprendre la fonction amplification ?

"P3" : oui, car ici, il faut seulement entendre le bruit émis par la maquette avant et après le bloc d'amplification, je pense que c'est inutile de se déplacer de se mettre par groupes c'est suffisant pour cette maquette la disposition, normalement il doit être, les élèves doivent être disposés par groupes de trois ou de quatre

"CH" : comment ?

"P3" : les tables, il aurait dû placer les tables autrement, ici c'est un U c'est comme fait pour un cours magistral mais concernant cette maquette c'est suffisant cette disposition est suffisante

CONCLUSION

L'analyse de l'activité enseignante menée dans le cadre de la théorie de l'activité (Leontiev, 1978), nous a permis de mettre en évidence l'utilisation catachrétique ou détournement du document à trous et de la maquette.

Pour mieux comprendre les détournements de ces « artefacts », on a opté pour une approche instrumentale de l'analyse de l'activité (P. Rabardel, 1995) qui nous a permis de dire que les enseignants mobilisent un processus d'instrumentalisation des documents de cours et des maquettes expérimentales. En effet, les enseignants privilégient certaines fonctions de l'artefact au dépend d'autres. D'après eux, le document à trous sert pour que l'élève écrive les mots importants et pour les mémoriser. Cette méthode reste pour eux une méthode efficace qui pourrait leur gagner du temps.

Quant à l'utilisation de la maquette, l'enseignant observé et deux parmi les trois enseignants consultés pensent que l'objectif de cette utilisation est atteint puisque les élèves ont pu entendre un son faible puis un son amplifié. Ils privilégient la fonctionnalité du montage réalisé sur la maquette au dépend de la participation des élèves à la réalisation ou même à l'identification des composants du montage. Le troisième enseignant voit que le montage réalisé sur la maquette n'est pas conforme au schéma qui figure au manuel scolaire et que ceci représente une « déformation » pour l'élève. Il pense que les élèves, placés distants de la maquette, pourraient les induire à considérer que le haut-parleur est l'élément qui a amplifié le son.

L'analyse de l'activité menée dans ce travail n'a pas pris en compte les activités, les actions et les opérations effectuées par les élèves. Cette analyse pourrait aussi être menée dans le cadre de la théorie de l'activité présentée par Engström, (1999) qui envisage l'activité comme un système associant l'individu et la communauté à laquelle il appartient et permet d'analyser comment sont atteints les objectifs collectifs.

A travers ce travail, on n'a pas pu se rendre compte du processus d'instrumentation, une période d'observations plus longue qui pourrait durer quelques années serait nécessaire pour se rendre compte des modifications des schèmes d'utilisation qui ne peuvent pas être émergés immédiatement dans l'action.

Bien que ce travail a abouti à des résultats qui pourraient expliquer l'usage d'«artefacts» par les enseignants en classe, il reste tout de même de vérifier l'impact de cet usage sur l'apprentissage des élèves qui, eux aussi utilisent ces «artefacts». On se trouverait alors dans l'obligation de s'interroger sur les processus de genèse instrumentale chez les élèves et de mener une analyse de l'activité enseignante dans le cadre d'une troisième génération de la théorie de l'activité qui envisage l'analyse collective conjointe en mettant en relation plusieurs « systèmes d'activités ».

En ce qui concerne les séances d'autoconfrontations, elles peuvent être exploitées à des fins de formation des enseignants pour le développement de leurs activités en classe.

RÉFÉRENCES

Champpy-Remoussenard, P. (2005). Les théories de l'activité entre travail et formation. *Savoirs*, 2005/2 n°8, p. 9-50 Cairn.info pour l'Harmattan.

Clot, Y. (2005). Pourquoi s'occuper du développement en clinique de l'activité ?

Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). *Hommes - Artefacts - Activités : Perspectives instrumentales*. Laboratoire Paragraphe EA 349 Université Paris 8.

Murillo, A. & all. (2010). Comment un outil devient un instrument d'enseignement ? Le cas d'une carte heuristique.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains* ». Paris : Armand Colin.

Rabardel, P., & Beguin, P. (1995). *Concevoir pour les activités instrumentées*.

Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : Nécessité des orchestrations*. Edition de l'IREM, Université Montpellier II.

Venturini, P. (2012). Action, activité, "agir" conjoints en didactique : discussion théorique. *Revue éducation didactique n°1, vol.6 (2012)*.

Analyse de la possibilité d'utiliser des Serious Games dans les enseignements en éducation à l'entrepreneuriat

YOUSRA CHARROUF¹, MOURAD TAHA JANAN^{1,2}

¹Faculté des Sciences de l'Éducation

²École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique

Mohammed V University in Rabat

Maroc

yousracharrouf@gmail.com

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous avons essayé de présenter les Serious Games que nous voulons utiliser comme outils permettant de mettre en œuvre les acquis du cours d'entrepreneuriat. Une enquête terrain a été menée afin de déterminer le profil des étudiants, ainsi que leurs prédispositions à les utiliser. Les premiers résultats de cette enquête étant favorables, ils nous ont permis de justifier la pertinence du sujet, mais aussi la préparation d'une seconde expérimentation où sera étudiée l'utilisation du jeu. Le but de cette opération est de permettre aux étudiants de comprendre le fonctionnement de l'entreprise dans sa globalité, par une mise en situation à même de les motiver.

MOTS-CLÉS

Jeux Sérieux, entrepreneuriat, enseignement

ABSTRACT

This article presents the results of a field survey designed to evaluate the students' profile in term of wiliness to utilize Serious Games for their learning. The first results obtained are encouraging, since they allow us to plan the first steps to the actual experimentation in which the students are going to play with a Serious Game. By spreading a wide entrepreneurial culture we might help the students in overcoming the problem of finding a job and creating their own business. To achieve this, we propose the use of Serious Games as a tool, in order to practice and apply what they have learned in class.

KEYWORDS

Serious Games, entrepreneurship, teaching

ÉTAT DE L'ART

Modèles et Méthodes d'enseignement de l'entrepreneuriat

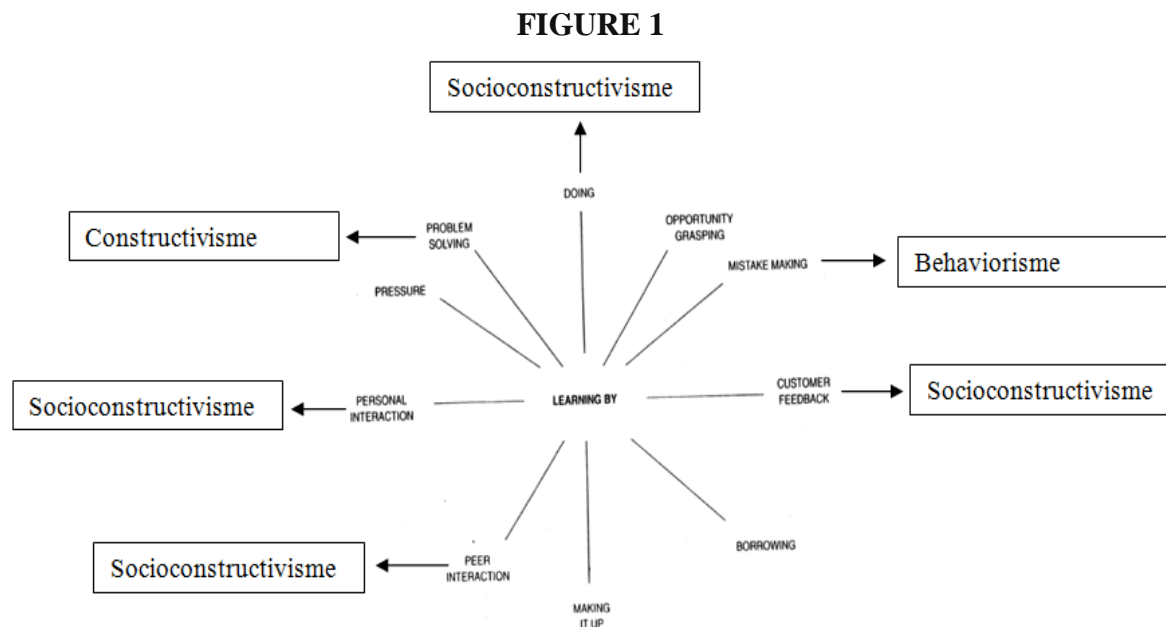
L'enseignement de l'entrepreneuriat est une question problématique, du fait de la complexité de la tâche et de l'inexistence d'un consensus dans la définition même du terme « entrepreneuriat ». Cela étant, les différents auteurs consultés (Heinonen, 2006; Aouni & Surlmont, 2007; Fayolle, 2007; Hindle, 2007;) s'accordent à dire que c'est une chose tout à fait possible. Comme l'explique Tounés, (2003, p. 3) l'entrepreneuriat est « *non seulement une pratique et un champ de recherche, mais aussi un domaine d'enseignement qui peut avoir*

des effets sur les attitudes, les normes et les perceptions des étudiants quant à leur choix de carrière ».

De nombreux auteurs, (e.g. : Bechard & Toulouse, 1998; Fontaine, Saporta, & Verstraete, 1999; Fayolle, 2000, 2007; Sénicourt & Verstraete, 2000; Gibb, 2002) ont expliqué dans leurs études que l'enseignement de l'entrepreneuriat dépend principalement de trois critères : « Objectifs et finalités », « l'Audience ou types de public » ainsi que le « Contenus, méthodes pédagogiques et conception des apprentissages ». En fonction de ces trois critères l'enseignant choisira, parmi diverses approches pédagogiques, celle qui est la plus adaptée. Les articles que nous avons consultés, traitent, pour la majorité, des méthodes d'enseignement utilisées dans la formation en entrepreneuriat, et non de la théorie. Les théories d'apprentissage constructivistes et socioconstructivistes sont celles qui rendent le mieux compte de l'enseignement de l'entrepreneuriat et utilisent des méthodes d'enseignement expérientielles et interrogatives.

Par exemple Toutain & Salgado (2012), ont proposé l'utilisation de la Méthode d'Initiation au Métier d'Entrepreneur (M.I.M.E.), qui place les participants dans la situation de dirigeants d'entreprises. La pédagogie utilisée repose sur l'apprentissage expérientiel qui permet aux participants de transformer l'expérience vécue, en connaissances attendues à travers une prise d'action. L'utilisation de simulation et de jeux comme moyens d'enseignement suit aussi cette logique. Borrajo et al., (2010) ont constaté que l'utilisation de « *SIMulator Business Administration* » (SIMBA) permettait une application des concepts et techniques apprises lors de la formation, à travers ; l'analyse, la prise de décision ainsi que l'évaluation de diverses situations proposées, sans avoir à prendre de risque. Cela dit, nous retrouvons aussi des méthodes expositives ou transmissives qui découleraient davantage du courant cognitiviste et qui prônent l'utilisation de cours magistraux, exposés etc. ; ou encore des méthodes d'apprentissage par essais-erreurs qui proviendraient du courant behavioriste.

Il existe aussi un modèle connu qui s'appuie sur à peu près l'ensemble des courants et qui énumère une dizaine de méthodes consignées dans un Modèle Entrepreneurial (Gibb, 1993) proposé dans la Figure 1 ci-dessus.



The Small Business Learning Mode (Gibb, 1993 p. 6)

Ce modèle vise à instaurer un climat d'échange, de prise d'actions et de réalisations plus proches de la réalité que vivra l'apprenant une fois entrepreneur. Nous avons essayé de classer ces méthodes selon les perspectives théoriques sous-jacentes afin de montrer la relation qui les lie ainsi que la possibilité d'utiliser plusieurs courants lors d'une même formation. Il est à noter que l'intention de l'auteur lors de la présentation de ce modèle n'était point sous l'influence d'un courant, mais avait pour vision de comprendre l'enseignement de l'entrepreneuriat ainsi que sa relation avec le monde de l'entreprise. En l'absence d'un guide notre transposition a été faite en fonction des préceptes de chaque courant. Le schéma précédent expose chacune de nos positions.

L'utilité d'une telle transposition est de permettre au professeur d'entrepreneuriat, quels que soient les courants d'enseignement qu'il adopte, de choisir des méthodes d'apprentissage qui considèrent le processus entrepreneurial dans sa globalité. Si l'apprentissage essais-erreur (Mistake Making) est un dérivé de la conception behavioriste, il est aussi une forme d'apprentissage, auquel se retrouve confronté le jeune entrepreneur lors de ses débuts. Par conséquent, nous pouvons exprimer l'idée qu'une pratique enseignante peut inclure plusieurs écoles de pensées, sans qu'il n'y ait de contradiction. Au contraire, peut-être même une complémentarité.

L'utilisation de jeux vidéo est une pratique qui combine la majorité des éléments qui compose ce modèle entrepreneurial. Cette transversalité nous semble être un point positif, puisqu'elle permet une plus large diffusion de l'outil mais aussi, une adéquation avec l'essence même de l'entrepreneuriat.

Serious Games

Les nouvelles générations sont nées au contact des nouvelles technologies et du monde digital. Cela a développé chez elles un comportement d'impatience, des difficultés de concentration mais surtout un problème de motivation. Khenissi, Essalmi, & Jemni (2015, p.2) ont écrit « *students of this generation are disengaged, bored, suffering from a bad attitude and they aren't challenged in traditional classroom* ». Ils ont donc besoin d'une source de motivation afin d'éveiller leur attention et stimuler leur apprentissage. Les Serious Games suscitent de plus en plus d'intérêt, puisqu'ils sont pluridimensionnels et facilement utilisables dans plusieurs champs disciplinaires. Zyda, (2005 p. 1) les définit comme : « *a mental contest, played with a computer in accordance with specific rules, that uses entertainment to further government or corporate training, education, health, public policy, and strategic communication objectives* ».

Parmi les usages des Serious Games, nous retrouvons l'armée américaine qui a adopté le jeu « *America's Army* » pour la formation et le recrutement de nouveaux soldats (Zyda, 2005). En médecine Sabri et al., (2010), parmi d'autres, ont utilisé « *Total Knee Arthroplasty Serious Game* » pour aider les étudiants à comprendre les étapes de la procédure chirurgicale ainsi que le processus décisionnel et cognitif. Les auteurs expliquent que la réalisation de ces tâches au préalable permet, le moment venu, de se concentrer exclusivement sur les aspects techniques. Khenissi, Essalmi et Jemni (2015) quant à eux, ont étudié les différences existantes entre un jeu créé pour jouer et le même jeu détourné dans un but éducatif. Ils recensent près de 6 jeux qui ont été détournés de leurs objectifs primaires avec succès.

Pour que le Serious Game ait une valeur dans l'éducation, il ne doit pas être départi de son réalisme et de son interactivité. (Giessen, 2015, p. 2) note que « *Serious Games have to find a balance between the ludative element that exists for its own sake, and didactical or pedagogical goals that should neither be all too intrusive, nor lose sight of the aims* ». De plus, comme l'indique (Ahrens, 2015), le jeu ne doit point se départir de son aspect « fun » et amusant. En effet, c'est cela même qui déclenche l'intérêt chez l'étudiant et à travers quoi sera véhiculée la connaissance. Malgré le grand nombre d'articles qui traite des Serious

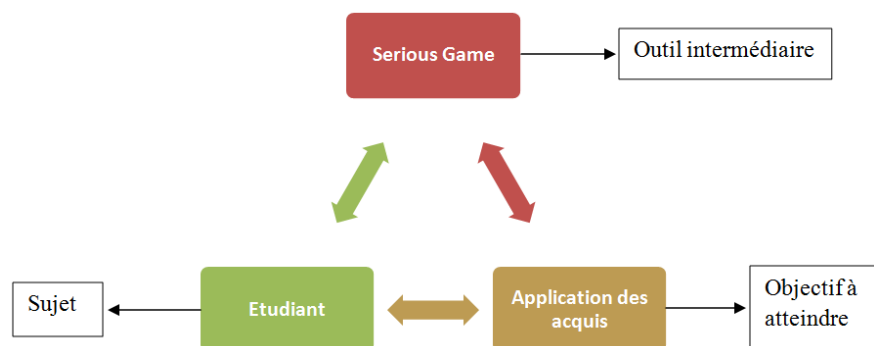
Games, nous constatons que la plupart est basée sur le supposé potentiel du jeu sans vraiment apporter de données démontrant cela. Cela nous a poussés à analyser l'intégration de cet outil dans l'enseignement de l'entrepreneuriat au Maroc ainsi que son fonctionnement.

CADRE MÉTHODOLOGIQUE : ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE

La théorie de l'activité nous semble présenter un cadre théorique à même d'étudier notre activité d'apprentissage. Celle-ci se compose d'un sujet, d'un objet et d'un artefact qui intervient comme médiateur entre ces éléments.

La théorie de l'activité trouve ses origines dans les travaux de l'école historique culturelle soviétique de la psychologie sous l'égide de Vygotsky, le père fondateur, et ses disciples Leontiev et Luria (Béguin & Clot, 2004; Bourguin, Derycke & Tarby, 2005; Carvalho et al., 2015). Deux points principaux ont éclos de ces travaux qui se résument selon Rochex, (1997, p. 2) par : « *la thèse d'une genèse sociale de la conscience et du psychisme au travers d'activités réalisées avec autrui, et celle de la nécessaire médiation, technique mais surtout sémiotique, de ces activités* ». L'unité d'analyse de cette théorie est l'activité (Nardi, 1996; Bourguin et al., 2005; Carvalho et al., 2015), celle-ci est définie par Leontiev comme étant « *composed of subject, object, actions, and operations* » (Nardi 1996, p. 73). L'objectif, est le moteur de l'activité puisqu'il la détermine et la justifie (Bourguin et al., 2005; Nardi, 1996). La réalisation de l'activité se fait « *au travers de chaînes d'actions (niveau intermédiaire) elles-mêmes réalisées au travers d'opérations (niveau le plus bas)* » (Bourguin et al., 2005, p. 7). Si nous transposons le triangle de médiation de Vygotsky à notre recherche nous obtenons le schéma qui suit :

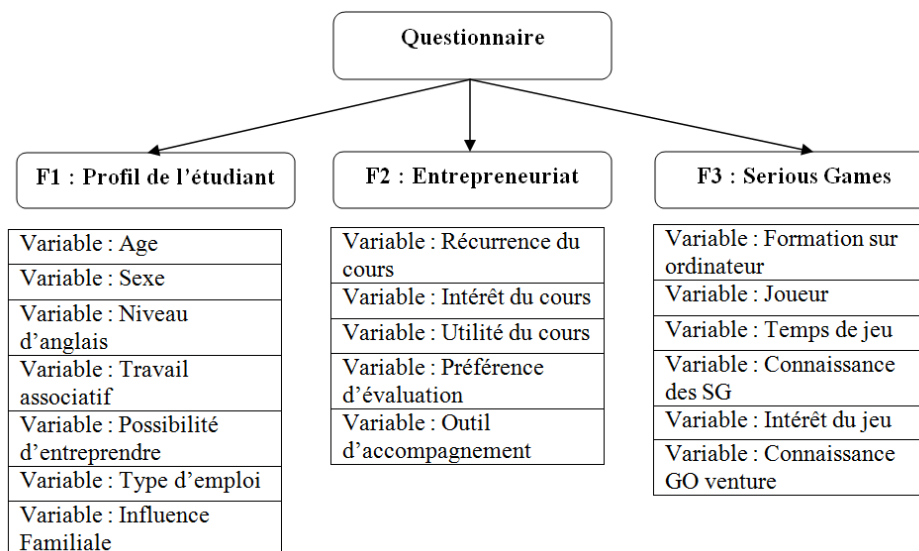
FIGURE 2



Triangle de médiation

Pour étudier la faisabilité du projet il est nécessaire de passer par une analyse de ces éléments. Lors de l'élaboration des questions, nous avons essayé de déterminer l'objet de chaque question en fonction du type de réponse que nous cherchons. Nous avons associé pour cela une démarche empirique à notre modèle théorique. Le questionnaire contenait vingt et une questions divisées en trois sections qui représentent les trois facteurs que nous voulons étudier. Bien que la figure 2 ait comme objectif l'application des acquis, nous nous contenterons, à ce niveau, d'étudier l'entrepreneuriat de façon générale. Chaque facteur est fractionné en plusieurs items, qui sont eux-mêmes exprimés en modalités. Le schéma qui suit explique l'arborescence suivie :

FIGURE 3



Hierarchisation des Items du questionnaire

Expérimentation

Dans le cadre de notre travail, nous avons élaboré un questionnaire destiné à juger la pertinence du sujet. En d'autres termes, pourquoi utiliser les Serious Games ? Notre hypothèse est que l'utilisation des Serious Games pousse à davantage d'engagement de la part des étudiants dans leurs apprentissages de l'entrepreneuriat. Pour pouvoir la vérifier, il est nécessaire, au préalable, de répondre à une première interrogation : est ce que les étudiants sont aptes à utiliser les Serious Games ? Si en théorie cela est tout à fait possible, il reste à le démontrer sur le terrain. Le questionnaire que nous avons établi, vise à déterminer le profil des étudiants afin d'évaluer leur prédisposition à utiliser un Serious Game.

Population

Les étudiants que nous avons choisis pour cette expérimentation sont en première année Master Spécialisé en Sciences de l'Eau, de l'Énergie et de l'Environnement. Le cours d'entrepreneuriat qu'ils suivent est divisé en quatre chapitres : le premier traite de notions générales concernant le monde de l'entreprise, le marché, les fournisseurs, la concurrence etc. Le second chapitre, quant à lui, est axé sur le modèle technique. Il concerne la conception de l'idée, son utilité, le public cible, la détermination du marché, de la concurrence pour ensuite passer aux modalités de développement et de réalisation. Le troisième chapitre s'intéresse plutôt au modèle financier avec le montage du business plan. Dans cette partie l'étudiant apprend les bases de la planification stratégique à court, moyen et long terme, l'estimation du budget, et le fonctionnement de l'entreprise en termes de charges, d'immobilisations etc.

L'échantillon comprend 33 apprenants qui forment une classe homogène puisqu'elle est constituée de 48% de filles et 52% de garçons dont la moyenne d'âge est de 22 ans. Nous aborderons dans cette partie l'ensemble des résultats significatifs de l'étude qualitative bivariée. Le traitement des données a pu être possible grâce au logiciel statistique SPSS.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le but de notre travail est d'étudier la relation entre le profil social de l'étudiant (F1), ses acquis en entrepreneuriat (F2), ainsi que sa perception du jeu (F3) afin de déterminer sa prédisposition à utiliser un Serious Game. Le tableau 2 qui suit donne une vue d'ensemble des corrélations existantes entre deux variables, tout en dégageant les corrélations les plus importantes entre elles. Nous nous sommes basés sur deux critères, à savoir : la valeur trouvée de la corrélation qui est acceptée avec une erreur ne dépassant pas 5%. En sachant que la valeur de la corrélation en valeur absolue est proche de 1, et qu'il est difficile d'en trouver, nous avons jugé que deux variables sont corrélées si $(0,473 \leq | \text{corrélation} | \leq 1)$.

La lecture du tableau 1 qui se trouve en annexe, nous a permis de dégager 11 corrélations importantes et significatives entre les variables de l'échantillon, nous en citerons quelques-unes :

- a) Q8 et Q7 présentent une corrélation positive de (0,474) entre les variables : « type emploi » et « situation familiale » qui confirme le résultat que nous avons trouvé dans le tableau croisé de ces variables. Le « Test du Khi-deux » nous indique que la signification de la dépendance ($\text{Chi}^2 = 15,198$) est faible, presque égale à 5%. Nous pouvons donc dire que ceux qui préfèrent être salariés, estiment que leur milieu familial n'est pas du tout favorable à la création d'entreprise (18,2%), alors que ceux qui préfèrent créer leur propre entreprise, voient que l'environnement familial est encourageant (36,4%). Une raison qui pourrait peut-être expliquer cette influence, est que dans notre société plutôt traditionaliste et masculine, la famille joue un rôle significatif dans la détermination de la voie à suivre par la progéniture.
- b) Q11 et Q10 montrent une corrélation positive de (0,681) entre les variables : « utilité du cours entrepreneuriat » et « intérêt du cours d'entrepreneuriat », ce qui confirme, ici aussi, le résultat que nous avons trouvé dans le tableau croisé des dites variables. Le « Test du Khi-deux » indique que la dépendance ($\text{Chi}^2 = 20,679$) était très significative au niveau de 5% ($0,000 < 0,05$), ce qui montre une liaison très importante entre les variables. Ainsi une grande partie, 39,4% du nombre total des enquêtés, ont exprimé que le contenu du cours entrepreneuriat est très intéressant et très utile pour leur avenir. Nous estimons que cette relation est logique dans le sens où, cet intérêt est avant tout motivé par la conviction qu'elle est en adéquation avec le vécu de l'étudiant, ainsi qu'une vision de son utilisation futur.
- c) Q18 et Q2 présentent une corrélation négative de (- 0,557) entre les variables : « sexe » et « fréquence des jeux vidéos ». Ce sont plutôt les garçons qui passent beaucoup de temps à jouer aux jeux vidéo. Les filles ne s'y consacrent que rarement.

La question 20 qui cherche à savoir si les étudiants voudraient tester un Serious Game n'a aucune corrélation significative avec les autres questions. Nous pourrions expliquer cela par le désir de tester une nouveauté, ou de la curiosité simple, qui n'a de relation ni avec les acquis en entrepreneuriat ni le profil de l'étudiant.

Par ailleurs, nous avons fait une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) afin d'étudier les liaisons entre plus de deux variables qualitatives, et notamment, détecter les relations d'effets et d'association, tout en exposant les facteurs déterminant. Le tableau 2 donne un récapitulatif des trois premiers axes factoriels qui expliquent $28,8\% + 20,0\% + 16,9 = 65,7\%$ de l'information, donc le modèle est jugé satisfaisant en termes d'information expliquée sans besoin de recourir au 4^{ème} axe.

TABLE 2

Dimension	Alpha de Cronbach	Variance expliquée		
		Total (valeur propre)	Inertie	Pourcentage de variance expliquée
1	,846	4,902	,288	28,835
2	,749	3,394	,200	19,966
3	,693	2,877	,169	16,922
Total		11,173	,657	
Moyenne	,777 ^a	3,724	,219	21,907

Récapitulatif des modèles

Le sens donné aux axes et l'analyse des proximités entre variables et modalités sont généralement élaborés à partir des plans factoriels. Nous nous limiterons dans cet article au premier plan factoriel, composé par les deux premiers facteurs (1^{er} et 2^{ème} facteurs). La figure suivante nous permet une visualisation des différentes modalités, et par conséquent cerner les proximités et les groupes homogènes graphiquement.

FIGURE 4

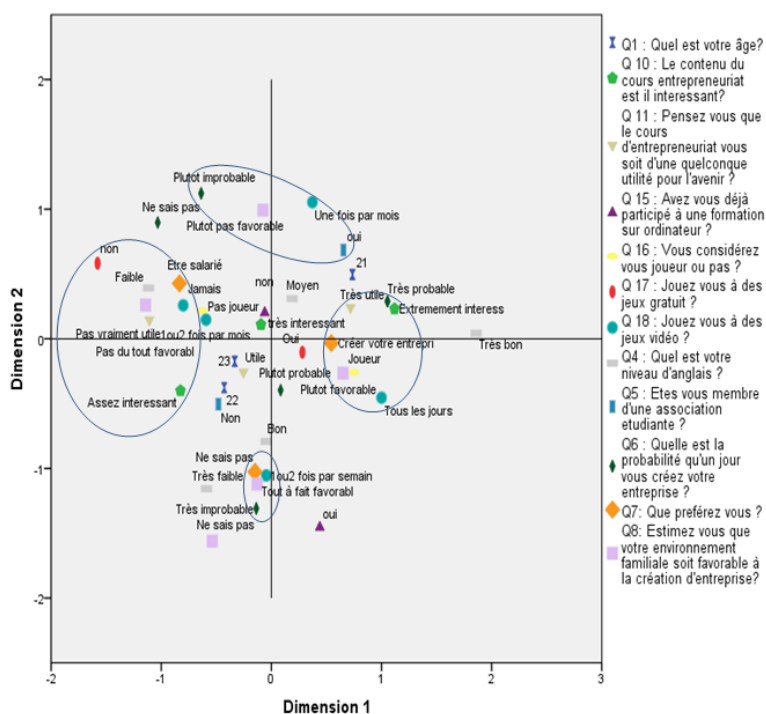


Diagramme joint des points de modalités (1^{er} Plan factoriel)

Nous classons clairement 2 groupes distincts par rapport au 1^{er} axe :

- **Zone 1** : Les proximités entre les modalités des 7 variables actives (Q8, Q7, Q16, Q6, Q18, Q10, Q11) qui renvoient vers « extrêmement intéressant », «très probable» «Plutôt favorable», «Très utile», « joueur», « Tous les jours » et « créer votre entreprise », révèle qu'il y a une relation entre le profil de l'étudiant, l'entrepreneuriat

et le Serious Games. Ainsi, nous remarquons que ceux qui se considèrent joueurs et jouent tous les jours aux jeux vidéo, voient que le cours d'entrepreneuriat est extrêmement intéressant et très utile pour l'avenir. Aussi, profitant d'un environnement familial plutôt favorable, ils préfèrent créer leur propre entreprise.

- **Zone 2** : Les proximités entre les modalités des 7 variables actives (Q8, Q7, Q4, Q17, Q18, Q10, Q11) qui renvoient vers «assez intéressant», «faible», «pas du tout favorable», «pas vraiment utile», «Non», «Jamais» et «être salarié» , révèlent également, qu'il y a une relation entre le profil de l'étudiant, l'entrepreneuriat et le Serious Games. Nous constatons que les étudiants qui ne jouent pas aux jeux vidéo (« Non» et « Jamais »), voient que le cours d'entrepreneuriat est suffisamment intéressant, mais pas vraiment utile pour l'avenir. De plus, avec un niveau faible en anglais et un environnement familial pas du tout favorable à la création d'une entreprise, ils préfèrent être salariés.

Quant au 2^{ème} axe, nous distinguons aussi 2 zones différentes :

- **Zone 1** : Les proximités entre les modalités des 4 variables actives (Q8, Q6, Q18, Q5) ; « Plutôt improbable », «plutôt pas favorable», «une fois par mois » et « oui », révèlent également l'existence d'une relation entre le profil de l'étudiant, l'entrepreneuriat et le Serious Games. Les étudiants membres d'associations étudiantes, ne jouent que rarement aux jeux vidéos (une fois par mois), et jugent qu'il est plutôt improbable de créer un jour leur propre entreprise car l'environnement familial n'y est pas favorable.
- **Zone 2** : Les proximités entre les modalités des 4 variables actives (Q8, Q7, Q18, Q4) ; « Bon », «tout a fait favorable», «une ou deux fois semaine » et « ne sait pas », montre que les étudiants qui n'ont pas encore de préférence en termes d'emploi désiré, jouent une ou deux fois par semaine aux jeux vidéos et ont un bon niveau d'anglais.. En outre leurs environnement familial est tout à fait favorable à la création d'entreprise.

CONCLUSION

Une première étude des données obtenues après dépouillement du questionnaire nous a permis d'avoir un aperçu du profil de l'étudiant dans le sens où ; c'est un individu intéressé par l'entrepreneuriat, curieux d'apprendre mais surtout ayant une intention entrepreneuriale. Notre travail s'est divisé en deux parties, une première recherche concernant la faisabilité du projet, dont traite cet article, et une seconde partie qui s'intéresse à l'application d'un Serious Game afin d'essayer de répondre à notre hypothèse. Cette première partie visait à répondre à la question de la prédisposition des étudiants à utiliser un Serious Game. Avant d'aborder, lors de la deuxième partie de notre recherche, l'hypothèse d'une éventuelle augmentation d'engagement dans l'étude de l'entrepreneuriat à travers l'utilisation des Serious Games.

D'après notre enquête, il est possible de dire que nos étudiants sont prédisposés à utiliser un Serious Game dans le cadre d'un travail dirigé au terme de leurs cours d'entrepreneuriat. Le fait de projeter d'entreprendre, la familiarité avec les jeux vidéo, ainsi que l'intérêt porté à l'enseignement de l'entrepreneuriat, nous poussent à voir d'un œil positif notre future expérimentation. Cela nous ouvre aussi le champ des possibles, puisque les apprenants sont dans une phase de restructuration et de construction de leurs connaissances, chose qui rend l'apprentissage ouvert à toute forme d'expérience.

Prendre le temps d'analyser le profil des étudiants nous a permis de nous rendre compte de la pertinence du sujet, que ce soit à travers de la volonté des étudiants de tester la solution, ou encore leurs perception de l'aspect pratique de l'entrepreneuriat.

RÉFÉRENCES

- Ahrens, D. (2015). Serious Games – A new perspective on work based learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 204, 277-281.
- Aouni, Z., & Surlemont, B. (2007). Le processus d'acquisition des compétences entrepreneuriales: une approche cognitive. In *Actes 5^{ème} Congrès International de l'Académie de l'Entrepreneuriat*. Retrieved from http://www.entrepreneuriat.com/fileadmin/ressources/actes07/Aouni_Surlemont.pdf.
- Bechard, J.-P., & Toulouse, J.-M. (1998). Validation of a didactic model for the analysis of training objectives in entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 13(4), 317-332.
- Béguin, P., & Clot, Y. (2004). L'action située dans le développement de l'activité. *Activités*, 1(2), 35-50.
- Borrajo, F., Bueno, Y., de Pablo, I., Santos, B., Fernández, F., García, J., & Sagredo, I. (2010). SIMBA: A simulator for business education and research. *Decision Support Systems*, 48(3), 498-506.
- Bourguin, G., Derycke, A., & Tarby, J. C. (2005). Systèmes Interactifs en co-évolution. Réflexions sur les apports de la Théorie de l'Activité au support des pratiques collectives Distribuées. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, 6(1), 1-31.
- Carvalho, M. B., Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., Sedano, C. I., Hauge, J. B., Hu, J., & Rauterberg, M. (2015). An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual design. *Computers & Education*, 87, 166-181.
- Fayolle, A. (2000). L'enseignement de l'entrepreneuriat. *Dossier de La Revue Gestion*. Retrieved from <http://www.legrain2sel.com/wp-content/uploads/2010/02/enseignement-entrepreneuriat-universites-rapport2.pdf>.
- Fayolle, A. (2007). De l'artisanat à la science: modèles d'enseignement et processus d'apprentissage dans les enseignements en entrepreneuriat. In *Actes 5^{ème} Congrès International de l'Académie de l'Entrepreneuriat*. Retrieved from http://www.entrepreneuriat.com/fileadmin/ressources/actes07/Fayolle_Alain.pdf.
- Fontaine, J., Saporta, B., & Verstraete, T. (Dir.) (1999). *Entrepreneuriat et enseignement : rôle des institutions de formation, programmes, méthodes et outils*. Lille: Pôle universitaire Européen.
- Gibb, A. (1993). Enterprise culture and education: understanding enterprise education and its links with small business, entrepreneurship and wider educational goals. *International Small Business Journal*, 11(3), 11-34.
- Gibb, A. (2002). In pursuit of a new “enterprise”and “entrepreneurship”paradigm for learning: creative destruction, new values, new ways of doing things and new combinations of knowledge. *International Journal of Management Reviews*, 4(3), 233-269.
- Giessen, H. W. (2015). Serious Games effects: an overview. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 2240-2244.
- Heinonen, J. (2006). Action-based activities in teaching corporate entrepreneurship at university level. *Journal of Asia Entrepreneurship and Sustainability*, 11(2), 1-26.
- Hindle, K. (2007). Teaching entrepreneurship at university: from the wrong building to the right philosophy. *Handbook of Research in Entrepreneurship Education*, 1, 104-126.
- Khenissi, M. A., Essalmi, F., & Jemni, M. (2015). Comparison between Serious Games and learning version of existing games. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 487-494.

-
- Nardi, B. (1996). Studying context: a comparison of activity theory, situated action models, and distributed cognition. In B. Nardi (Ed.), *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction* (pp.35-52). Cambridge, MA.: The MIT Press.
- Rochex, J.-Y. (1997). L'œuvre de Vygotski: fondements pour une psychologie historico-culturelle. *Revue Française de Pédagogie*, 120(1), 105-147.
- Sabri, H., Cowan, B., Kapralos, B., Porte, M., Backstein, D., & Dubrowskie, A. (2010). Serious games for knee replacement surgery procedure education and training. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3483-3488.
- Sénicourt, P., & Verstraete, T. (2000). Apprendre à entreprendre. *Reflets et Perspectives*, 39, 2000-2004.
- Tounés, A. (2003). *Un cadre d'analyse de l'enseignement de l'entrepreneuriat en France*. Agence universitaire de la francophonie, Réseau entrepreneuriat. Retrieved from <http://archives.auf.org/53/1/03-69.pdf>.
- Toutain, O., & Salgado, M. (2012). Comment améliorer la performance des pédagogies entrepreneuriales par la mise en action. In *11^o Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME (CIFEPME)*. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00842210/>.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.

ANNEXE

TABLE 1

		Q1	Q2	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q 10	Q 11	Q 15	Q 16	Q 17	Q 18	Q 19	Q 20	Q 21
Q1	Cor.	1	.242	-.153	.161	-.003	-.348*	-.219	-.074	-.240	-.137	-.068	.166	.151	.097	-.069	-.019	.223
	Sig.		.175	.395	.371	.987	.047	.221	.681	.179	.448	.706	.355	.402	.590	.702	.918	.213
Q2 :	Cor	.242	1	-.084	.271	-.186	.152	-.162	-.472**	-.041	-.011	.011	-.033	.072	-.557**	-.020	-.182	.182
	Sig.	.175		.644	.127	.301	.398	.366	.006	.821	.954	.950	.854	.692	.001	.912	.310	.310
Q4	Cor.	-.153	-.084	1	-.024	.210	.114	.394*	.056	.062	.002	-.183	-.252	-.286	-.230	-.533**	-.028	.028
	Sig.	.395	.644		.894	.240	.528	.023	.758	.733	.992	.308	.157	.106	.198	.001	.878	.878
Q5	Cor	.161	.271	-.024	1	-.172	.099	.022	-.434*	-.549**	-.405*	-.131	.201	.192	-.064	.299	-.206	.206
	Sig.	.371	.127	.894		.340	.585	.904	.012	.001	.019	.468	.261	.285	.723	.091	.250	.250
Q6	Cor	-.003	-.186	.210	-.172	1	-.385*	-.214	.186	.055	-.163	.130	.144	.259	.381*	-.231	.278	.062
	Sig.	.987	.301	.240	.340		.027	.233	.301	.759	.364	.471	.425	.146	.029	.196	.117	.732
Q7	Corr	-.348*	.152	.114	.099	-.385*	1	.474**	.033	.052	.115	-.413*	-.398*	-.256	-.440*	.116	-.218	-.059
	Sig.	.047	.398	.528	.585	.027		.005	.853	.774	.523	.017	.022	.150	.010	.522	.224	.746
Q8:	Cor	-.219	-.162	.394*	.022	-.214	.474**	1	.063	.102	.058	-.473**	-.429*	-.521**	-.187	-.230	-.253	-.095
	Sig.	.221	.366	.023	.904	.233	.005		.727	.573	.748	.005	.013	.002	.299	.198	.156	.600
Q9	Cor	-.074	-.472**	.056	-.434*	.186	.033	.063	1	.299	.215	.066	-.258	-.120	.014	-.187	.250	-.250
	Sig.	.681	.006	.758	.012	.301	.853	.727		.091	.230	.717	.147	.508	.939	.299	.161	.161
Q 10	Cor	-.240	-.041	.062	-.549**	.055	.052	.102	.299	1	.681**	-.016	-.378*	-.336	-.213	-.248	.007	-.254
	Sig.	.179	.821	.733	.001	.759	.774	.573	.091		.000	.931	.030	.056	.234	.164	.967	.154
Q11	Cor	-.137	-.011	.002	-.405*	-.163	.115	.058	.215	.681**	1	-.004	-.468**	-.389*	-.309	-.040	-.061	-.192
	Sig.	.448	.954	.992	.019	.364	.523	.748	.230	.000		.982	.006	.025	.080	.825	.734	.285
Q 15	Corr	-.068	.011	-.183	-.131	.130	-.413*	-.473**	.066	-.016	-.004	1	.220	.157	.179	.245	.066	.476**
	Sig.	.706	.950	.308	.468	.471	.017	.005	.717	.931	.982		.218	.383	.318	.170	.717	.005
Q 16	Cor	.166	-.033	-.252	.201	.144	-.398*	-.429*	-.258	-.378*	-.468**	.220	1	.386*	.500**	.205	.161	.194
	Sig.	.355	.854	.157	.261	.425	.022	.013	.147	.030	.006	.218		.027	.003	.253	.370	.280
Q 17	Cor	.151	.072	-.286	.192	.259	-.256	-.521**	-.120	-.336	-.389*	.157	.386*	1	.428*	.273	-.075	.075
	Sig.	.402	.692	.106	.285	.146	.150	.002	.508	.056	.025	.383	.027		.013	.124	.679	.679
Q 18	Cor	.097	-.557**	-.230	-.064	.381*	-.440*	-.187	.014	-.213	-.309	.179	.500**	.428*	1	.025	.087	.258
	Sig.	.590	.001	.198	.723	.029	.010	.299	.939	.234	.080	.318	.003	.013		.892	.630	.148
Q 19	Cor	-.069	-.020	-.533**	.299	-.231	.116	-.230	-.187	-.248	-.040	.245	.205	.273	.025	1	-.117	.117
	Sig.	.702	.912	.001	.091	.196	.522	.198	.299	.164	.825	.170	.253	.124	.892		.518	.518
Q 20	Corr	-.019	-.182	-.028	-.206	.278	-.218	-.253	.250	.007	-.061	.066	.161	-.075	.087	-.117	1	.031
	Sig.	.918	.310	.878	.250	.117	.224	.156	.161	.967	.734	.717	.370	.679	.630	.518		.863
Q 21	Cor	.223	.182	.028	.206	.062	-.059	-.095	-.250	-.254	-.192	.476**	.194	.075	.258	.117	.031	1
	Sig.	.213	.310	.878	.250	.732	.746	.600	.161	.154	.285	.005	.280	.679	.148	.518	.863	

Les corrélations bivariées entre toutes les variables de l'enquête

Analyse des pratiques enseignantes de deux enseignants en éveil scientifique

LOBNA M'BARIK¹, CHIRAZ BEN KILANI²

¹Laboratoire Education, Didactique et Psychologie (EDIPS)
Tunisie
mbarik.lobna@gmail.com

²Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue (ISEFC)
Tunisie
chiraz.benkilani@isefc.rnu.tn

RÉSUMÉ

Cet article présente une partie d'une analyse comparative des pratiques de deux enseignants lors de la mise en œuvre d'une séance d'éveil scientifique dont l'objet est l'électrolyse de l'eau pour des élèves âgés de 12 ans en classe de sixième année de base dans le système éducatif tunisien. Cette analyse est réalisée dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). La TACD nous a fourni des outils comme les déterminants de l'action didactique qui permettent de décrire l'action des enseignants et de tenter de comprendre leurs pratiques. C'est ainsi que nous avons dégagé des points de similitudes et des différences dans la manière de chaque enseignant de jouer le jeu didactique.

MOTS-CLÉS

Pratique enseignante, TACD, Action didactique, jeu didactique, épistémologie pratique

ABSTRACT

This article presents a part of a comparative analysis of teaching practices of two teachers during the implementation of a scientific awareness meeting whose purpose is the electrolysis of water for students aged 12 in sixth grade class base in the Tunisian educational system. This analysis is performed using the theory of joint action in didactics (JATD). The JATD has provided us with tools such as the determinants of didactic action that describe the action of teachers and try to understand their practices. Thus we have identified points of similarities and differences in the way each teacher to play the didactic play.

KEYWORDS

Teaching practices, JATD, didactic action, didactic game, practical epistemology

CADRE THÉORIQUE

De nombreux travaux sur les pratiques enseignantes témoignent de la complexité de cette activité humaine et de la nécessité de chercher à la comprendre. Selon Altet (2002), la pratique enseignante est la manière de faire « *singulière d'une personne, sa façon réelle, propre, d'exécuter une activité professionnelle l'enseignement* » (p. 86). La pratique n'est pas l'ensemble des actes observables, actions, réactions seulement, mais plutôt un tout comportant ces variables en plus des procédés de mise en œuvres de l'activité en situation donnée. C'est

ainsi que le processus enseignement- apprentissage est présenté par Altet (2002) comme un travail interactif d'ajustements, de négociations, de transactions et de compromis permanent entre les acteurs et la situation.

Dans le cadre de notre recherche et dans une approche comparative nous avons cherché à comprendre l'action de deux enseignants en identifiant les caractéristiques de leurs pratiques autour de l'électrolyse. Cette action est caractérisée selon Marcel, Orly, Rothier-Bantzer & Sonntag, (2002) par une double particularité : en premier lieu, elle concerne exclusivement les acteurs en situation d'enseignement et en second lieu, elle est définie par des modalités caractérisant l'action qui sont les interactions verbales, les comportements des acteurs et des modalités pédagogiques. Et afin de comprendre l'action des enseignants, nous nous sommes référés à la théorie de l'action didactique conjointe en tant que cadre théorique dont les règles de communication sont établies au cours d'un jeu didactique selon un contrat didactique et dans un sens évolutif du milieu didactique.

En fait, l'expression « action didactique » est caractérisée par le fait que les enseignants agissent dans le cadre d'enseignement-apprentissage « *Ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et l'on apprend* » (Sensevy & Mercier, 2007, p. 14). Selon Sensevy (2007), l'action didactique a deux dimensions particulières. D'abord, l'action ne peut qu'être conjointe puisque enseigner nous renvoie à la nécessité d'apprendre et vice versa. Ensuite, elle est centrée sur un savoir bien défini.

Nous avons adopté le concept du jeu didactique défini par Venturini et Tiberghien (2012), comme un modèle permettant d'assembler situation et institution. Ils admettent que les situations qui naissent et se développent dans des institutions peuvent être décrites comme un ensemble de jeux didactiques. Chaque jeu est nécessairement collaboratif du moment qu'il comporte deux joueurs (élève et enseignant) et que l'élève gagne s'il produit certaines stratégies gagnantes de son propre mouvement, *proprio motu*, de concert que l'enseignant l'accompagne dans le jeu. C'est ainsi que l'enseignant gagne au jeu lorsque l'élève gagne en produisant les stratégies gagnantes (Sensevy, 2007). Et bien que le jeu didactique est coopératif mais il est considéré, selon cet auteur, aussi comme dissymétrique et conditionnel c'est-à-dire c'est un jeu dans lequel l'enseignant gagne que si et seulement si l'élève gagne. Or la situation s'embroussaille, étant donné que c'est généralement l'enseignant qui est le « *juge et partie* » dans le jeu didactique. Il doit tout en reconnaissant les stratégies gagnantes permettre à l'élève d'une façon indirecte de produire de son *proprio motu* ses stratégies. C'est ainsi que deux nécessités s'imposent la dévolution de l'élève et la réticence de l'enseignant.

Un jeu a un enjeu et des règles de jeu et les deux instances du jeu (enseignant et élève) doivent coopérer en donnant du sens à leur activité commune. Afin de suivre les actions de l'enseignant et de l'élève, la TACD nous fournit un cadre théorique riche et pertinent pour analyser les pratiques enseignantes à l'aide des descripteurs comme le triplet de genèse : la méso, topo et chronogénèse (Sensevy, 2007, p. 30). Le triplet de genèse : mésogénèse¹, chronogénèse² et topogénèse³, nous permet d'être attentif à la triple dimension de l'action. En effet, l'étude de ce triplet nous permet de saisir au plus près la dynamique d'élaboration des savoirs au sein des transactions didactiques. Or, ce triplet ne nous permet pas de suivre et d'analyser l'action en *situ* d'où d'autres descripteurs fournis par la TACD s'imposent (Sensevy, 2007, p. 32). Nous nous penchons de près sur l'action de l'enseignant en suivant les techniques didactiques que l'enseignant utilise au cours du temps (définition, dévolution , régulation et institutionnalisation) afin de pouvoir identifier la manière dont le professeur fait jouer le jeu.

¹ La mésogénèse est la genèse du milieu. Cette catégorie est une manière de décrire puisqu' « *elle constitue un outil d'appréhension du renouvellement de ce système* » (Sensevy).

² « *La chronogénèse est le fait que le savoir soit disposé sur l'axe du temps d'une manière dont les premiers abécédaires constituent à la fois le point de départ et le modèle* » (Sensevy).

³ La topogénèse qui cherche à décrire le partage des responsabilités dans les transactions didactiques.

En fait, définir le jeu est le fait de transmettre les règles définitives du jeu, d'où le nouveau jeu nécessite de l'élève à la fois qu'il réinvestit les règles et qu'il saisit l'enjeu spécifique du jeu. Entre temps, le professeur doit veiller à la dévolution du rapport adéquat des élèves au milieu et à ses objets (matériels et/ou conceptuels) dans le contrat. Au fur et à mesure de l'avancement, le professeur doit pouvoir réguler les comportements des élèves en vue de la production des stratégies gagnantes aux divers jeux. Enfin, le processus d'institutionnalisation est un processus dans lequel le professeur assure la production d'un « monde commun » qui permet aux élèves de retrouver des savoirs légitimes.

Sensevy (2007) a précisé que « *le vocabulaire utilisé pour rendre compte de la dynamique des transactions didactiques sera en particulier constitué par le quadruplet lié au jeu didactique (définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser) et par le triplet des genèses (mésogénèse, topogénèse, chronogénèse)* » (p. 34). En plus du quadruplet des descripteurs, un jeu didactique est décrit par un ensemble de déterminations de différentes catégories (Sensevy, 2007, p. 38). Pour comprendre le jeu et sa construction, il est primordial, selon Sensevy, de se référer en premier lieu à une action intentionnelle de la part du professeur. En plus des déterminations liées aux intentions, d'autres surgissent et entrent en jeu :

- des déterminations liées aux contraintes de l'action corrélative essentiellement dues aux institutions
- des déterminations liées « *aux soubassements épistémologiques de l'action professorale* » (Sensevy, 2007, p. 37). Ces éléments sont des outils nécessaires pour reconnaître les questions, deviner les techniques pour gagner au jeu, résoudre, apprendre... Au cours de la transposition didactique, l'enseignant réorganise les connaissances selon cette épistémologie.

Dans notre recherche nous nous intéressons aux descripteurs des jeux et aux déterminations pour comparer les pratiques des deux enseignants autour de la construction du savoir qui est l'électrolyse. Par conséquent et dans une perspective comparative, nos analyses sont animées par la question de recherche suivante : Quelles sont les caractéristiques de l'action de chaque enseignant dans le jeu didactique dont l'enjeu est de comparer les volumes des gaz dégagés au cours de l'électrolyse ?

Donner des éléments de réponses à notre question de recherche, nous permet de comprendre l'action elle-même et les déterminants qui influent cette action.

MÉTHODOLOGIE

Dans notre recherche, nous avons choisis d'analyser les pratiques de deux enseignants ayant la même formation initiale (une maîtrise en sciences de la vie et de la terre) mais une ancienneté différente dans l'enseignement de l'éveil scientifique au premier cycle de base (5ans de différence dans l'ancienneté). L'éveil scientifique comporte deux matières qui sont les sciences de la vie et de la terre et les sciences physiques. Les deux enseignants enseignent l'éveil scientifique en classe de sixième année de base comportant toutes les deux 25 élèves (âgés de 12 ans) dont 10 filles. La situation observée pour les deux enseignants est un cours intitulé « effet chimique du courant électrique » dont l'objectif selon le programme officiel est de « est de réaliser un circuit électrique pour mettre en évidence l'effet chimique du courant électrique ».

L'expérience réalisée en situation est l'électrolyse de l'eau salée. Elle est réalisée par l'enseignant devant l'ensemble des élèves de la classe à l'aide du matériel suivant : un

générateur de courant continu, un électrolyseur, une lampe et des tubes à essai pour récupérer les gaz dégagés au cours de la réaction.

Afin d'avoir une vision dynamique de la classe et de repérer les différentes interactions langagières, nous avons recouru à des enregistrements vidéo. Nous avons aussi demandé aux deux enseignants de répondre à des questionnaires avant la séance de cours et nous avons effectué des entretiens d'auto confrontation avec eux après la séance.

Notre corpus principal est particulièrement formé par les enregistrements vidéo et audio des deux séances de durée environ 55mn chacune. Ensuite nous avons procédé à une mise en narration. Cette narration nous a permis par suite d'effectuer le découpage en thèmes. Nous avons procédé à un découpage inspiré des travaux de Venturini et Tiberghien (2012) à grain plus fin et à une échelle microscopique. En effet, le jeu d'apprentissage est découpé en unités de sens d'une granularité plus fine, de quelques dizaines de secondes. Le découpage en épisodes est fait en décrivant les épisodes et repérant les ruptures entre elles, en utilisant les descripteurs de l'action.

Ces outils de recueil de données et leurs traitements à l'aide de Transana nous ont fourni une base de données qui s'avère indispensable pour une analyse statique en premier lieu puis une analyse dynamique qui relie les différents descripteurs de l'action conjointe.

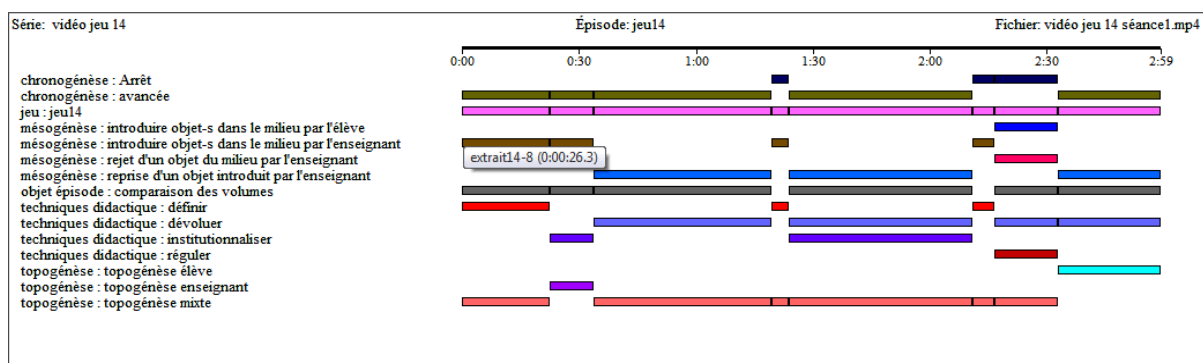
RÉSULTATS

Comme nous l'avons précisé auparavant, nous avons opté à une comparaison des pratiques des deux enseignants, d'où nous avons choisi d'analyser deux jeux ayant enjeu des deux séances. Nous présentons dans cette partie l'analyse de deux jeux dont l'enjeu est de comparer les volumes des deux gaz dégagés au cours de l'électrolyse qui sont le dioxygène et le dihydrogène. Nous avons utilisé les graphes séquentiels présentés et des extraits de la transcription afin de comprendre l'action de chaque enseignant et sa logique.

Analyse du jeu 14 de la séance (A)

Le graphe [G1 Jeu séance (A)] (Figure1) nous a permis de suivre l'évolution des descripteurs au cours du jeu et de détecter les différentes liaisons entre ces descripteurs

FIGURE 1



Graphe [G1 Jeu 14 séance (A)]

Nous avons constaté [graphe G1 Jeu 14 séance (1)] que la topogénèse est essentiellement mixte. En fait, l'enseignante cherche à ce que les élèves participent à la construction du savoir, elle conduit les élèves à interagir et à observer l'expérience afin de donner une réponse concernant

les volumes des gaz. Les réponses des élèves sont approximatives de l'ordre du « plus grand » ou « plus petit ».

Nous illustrons dans l'extrait suivant [Extrait E1 Jeu14 Séance (A)] l'agissement de l'enseignante et les élèves afin de jouer ce jeu d'apprentissage.

Extrait E1 Jeu 14 Séance (A)

P: nous comparons maintenant le volume des gaz récupérés sur la cathode et l'anode ne parlez pas ensemble un par un vas-y
 E: madame à la borne la cathode
 P: oui la cathode
 E: la quantité du gaz est plus grande
 P: c'est bien
 E: plus que à l'anode
 P: donc la quantité du gaz regroupé sur la cathode a un plus grand volume du gaz ici nous mesurons un volume↑ donc ça (P montre au doigt le tube) c'est le volume du gaz regroupé sur la cathode donc plus important que le volume du gaz regroupé sur↑
 E: l'anode.

D'après cet extrait, nous avons constaté que la chronogénèse est avancée aux moments de la construction et elle est arrêtée aux moments des rappels des savoirs ou bien des rappels à l'ordre « ne parlez pas ensemble un par un vas-y ».

Nous avons aussi remarqué que l'enseignante encourage l'élève qu'elle a désigné pour continuer son argumentation en disant « *c'est bien* » et que la majorité des élèves veulent participer, d'où, nous rejoignons le fait que la technique didactique dominante est la « dévolution » [graphe G1 Jeu 14 Séance (A)]. L'enseignante emploie différentes modalités de dévolution au cours de ce jeu avec réticence. Tout en étant réticente, l'enseignante utilise la technique de donation de mot (Sensevy, 2011, p. 211) une technique dont les élèves sont habitués et que l'enseignante emploie à plusieurs reprises avec une intonation particulière encourageante l'élève à continuer (exemples « *sur oui* », « *oui oui* »).

Certes, ce passage s'avère intéressant puisqu'il nous permet de déceler l'interaction entre l'enseignante réticente et des élèves mobilisés à donner un sens à leurs actions instantanées par rapport aux actions passées. Du coup, nous repérons une modalité de dévolution qui intègre les jeux passés dans la mésogénèse présente. Afin d'avancer dans la construction du savoir, l'enseignante qui ne peut pas dévoiler la réponse, utilise les effets de communication comme l'effet « Topaze »⁴ pour y parvenir. Nous constatons que son intonation qui change au cours de son intervention « *c'est le volume du gaz regroupé sur la cathode donc plus important que le volume du gaz regroupé sur↑* ». Cette intonation particulière avec une hausse de voie parvient à orienter la réponse des élèves au sens voulu de la part de l'enseignante.

L'élève donne une réponse de comparaison en utilisant les termes « *la quantité du gaz plus grande plus que* ». Bien que la réponse de l'élève soit conforme à l'observation, l'enseignante a repris la réponse de l'élève et elle a ajusté la réponse en utilisant le terme « *volume* ». L'enseignante a changé d'intonation en prononçant le mot « *volume* », ce qui nous révèle que l'enseignante insiste sur l'utilisation de ce terme et qu'elle fait attention aux terminologies des concepts physiques utilisés en changeant « *la quantité du gaz* » par « *le volume du gaz* ». Lors de l'entretien, l'enseignante a précisé que « *les élèves doivent utiliser les mêmes termes existants dans le manuel scolaire puisque parmi eux il y a des élèves qui*

⁴ Brousseau décrit l'effet Topaze comme un processus fondamental dans le contrôle de l'incertitude puisque le maître dissimule la réponse sous « des codages didactiques » jusqu'à ce que l'élève fini par donner la bonne réponse (attendue par le maître) sans avoir réellement acquérir le savoir.

passent le concours d'admission aux collèges pilotes, donc je dois insister sur ces termes qui sont utilisés dans les épreuves pour qu'ils soient familiers aux élèves ».

De plus, nous remarquons à la fin du jeu [Extrait E3 J Séance (A)] que les élèves veulent prendre la parole pour répéter ce qui a été dit au cours de ce jeu. D'où l'enseignante cède la responsabilité de conclure aux élèves chaque fois que le savoir est déjà construit.

Extrait E3 J14 Séance (A)

E: je répète madame
 P: neji répète
 E: il ya deux barres l'anode est reliée à la borne positive de la pile et la cathode est reliée à la borne négative
 P: c'est bien
 E: nous remarquons que le volume du gaz dans le tube renversé sur la cathode est supérieur au volume du gaz dans le tube renversé sur l'anode
 P: bien

Sans oublier que les élèves de cette classe sont habitués à répéter ce que dit l'enseignante qui les encourage à répéter pour voir s'ils sont entrain de suivre. Selon l'enseignante au cours de l'entretien « *en répétant, les élèves mémorisent le savoir en question de plus ça me permet de voir si tout le monde suit, ils savent que je peux les interroger et leurs demander de répéter ce qui était dit à tout moment* ». En effet, en étudiant le graphe [G1 Jeu 14 Séance(A)], nous nous sommes aperçus que ce jeu est caractérisé par une reprise d'un objet du milieu par l'enseignant, ce qui est en concordance avec les répétitions que nous avons décrit auparavant. Cette reprise est à la suite d'une introduction d'objet dans le milieu par l'enseignante.

Bien que ce soit un fait que l'enseignante encourage les élèves à s'interagir et participer à la construction du savoir, elle décline toute réponse qu'elle n'a pas prévu venir. Au cours de l'entretien d'auto confrontation l'enseignante nous a précisé que « *je n'ai pas répondu à quelques questions ou remarques parce qu'elles ne sont pas intéressantes et je dois faire vite car le contenu de la séance est riche d'informations pour une durée d'une heure et je dois atteindre mon objectif à la fin de l'heure* ».

Au cours de ce jeu, l'institutionnalisation est une technique qui a une place assez importante. En effet, le savoir institutionnalisé noté sur les cahiers des élèves correspond au résultat de la comparaison des volumes des deux gaz dégagés au cours de l'électrolyse. Nous avons remarqué aussi selon le graphe [G1 Jeu 14 Séance (A)] que cette institutionnalisation est spirale et que l'enseignante cherche toujours à relier les autres savoirs ultérieurs.

Analyse du jeu de la séance (B) de même enjeu

D'abord, nous présentons le graphe [G1 Jeu 9 séance (B)] (Figure 2) (regroupant les évolutions de tous les descripteurs choisis de l'action conjointe tout au long du jeu.

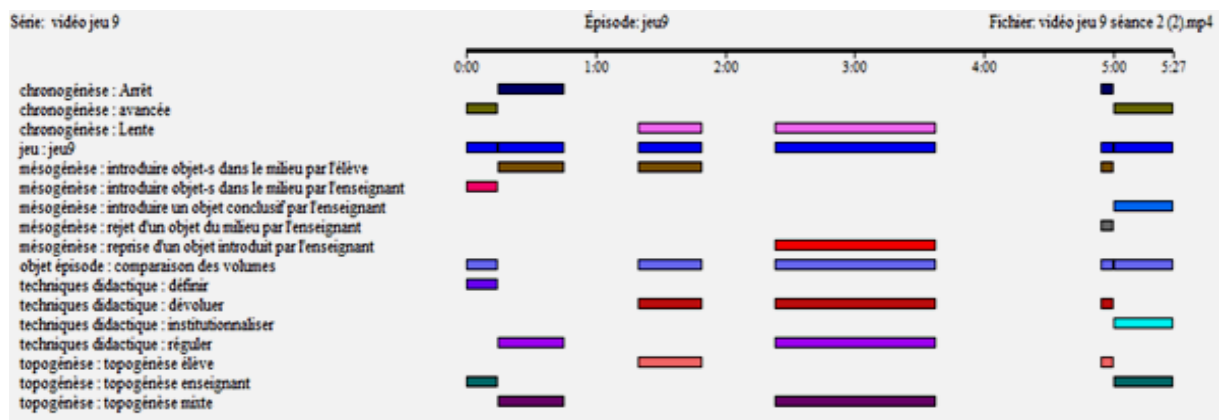
Nous avons constaté que non seulement le jeu se joue en discontinuité du temps, mais en plus il est interrompu pour laisser de la place à d'autres jeux. Cette discontinuité est toutefois le résultat d'un objet introduit par l'élève ou d'une reprise d'un objet introduit par l'enseignant (voir les lignes 5 et 8 du graphe [G1 Jeu9 Séance (B)].

Extrait E1 J9 Séance(B)

P: mais il y a une différence en quoi(?)
 E: dans la quantité du générateur
 P: dans la quantité la quantité d'air ou le nombre des bulles qui montent dans l'électrolyseur quelle est la borne qui a le plus(?)
 E: celle de droite

P: oui.

FIGURE 2



Grappe [G1 Jeu 9 Séance (B)]

Dans ce premier extrait du jeu, l'enseignant pose une question en s'attendant à ce que les élèves remarquent la différence de volumes des gaz dégagés. Or, selon l'entretien avec l'enseignant la réponse « *quantité du générateur* » était loin de ses attentes. D'où, l'enseignant précise l'objet à comparer « *dans la quantité d'air ou le nombre des bulles* ». En fait, l'enseignant a du mal à formuler ses questions à cause de sa réticence qui caractérise son action. En raison des interactions, l'enseignant a changé immédiatement de jeu et a entamé un nouveau dont l'enjeu est de nommer les deux gaz.

Nous constatons aussi que la chronogenèse de ce jeu est majoritairement lente, ce qui rejoint le fait que la mésogenèse est caractérisée par plusieurs reprises d'objets. En fait, les différents arrêts de la chronogenèse sont suite à de plusieurs ruptures du contrat-milieu au cours de ce jeu. Par conséquent, l'enseignant confronté à ces ruptures prend la décision de reprendre un savoir déjà vu ou de changer complètement d'objet et d'entamer un nouveau savoir puis revenir à l'enjeu de ce jeu, ce qui explique le fait que le graphique [G1 Jeu 9 Séance (B)] soit morcelé de la sorte.

Concernant les techniques didactiques, nous avons remarqué que la « régulation » a occupé une place importante dans les techniques didactiques utilisées puisque le jeu est caractérisé par de nombreuses ruptures. Suite à chaque rupture, l'enseignant était appelé à réguler l'action afin de faire avancer la construction du savoir. Concernant la technique de « dévolution », l'enseignant a encouragé les élèves à participer à la construction du savoir en jeu en utilisant soit des mots du genre « bien », « oui continue » ou par une intonation particulière qu'il emploie chaque fois qu'un élève donne une bonne réponse.

DISCUSSION

Nous nous sommes aperçus au cours de notre étude que les déterminants de l'action conjointe sont liés entre eux et que ces liaisons forment un réseau complexe. Partant de ce fait, nous focalisons notre discussion sur les éléments génériques des jeux et les liaisons qui les nouent.

Nous comparons en premier lieu les éléments génériques dans les deux jeux 14 de la séance (A) et 9 de la séance (B) pour dégager les similitudes et les différences et chercher à les comprendre. Nous dégagons ainsi des éléments génériques suivants :

Les jeux 14 séance (A) et 9 séance (B) d'apparence joués de la même manière

En fait, les deux jeux paraissent similaires [les jeux 14 de la séance (A) et 9 de la séance (B)]. Ils sont d'apparence joués de la même manière. Mais nous distinguons quelques différences entre les caractéristiques des descripteurs du triplet de genèses ainsi que celles des techniques didactiques. Bien que les topogénèses des deux jeux 14 Séance (A) et 9 Séance (B) sont majoritairement mixte, nous avons noté une différence au niveau de la topogénèse enseignant qui est assez importante dans le jeu 9 pour l'enseignant(B). D'où, nous avons estimé que pour faire évoluer le milieu, la contribution des élèves dans cette évolution est guidée par les nombreuses interventions de l'enseignant (B). De plus, leurs interventions sont la plupart du temps des observations de l'expérience. Et que l'enseignant s'attribue les tâches de réflexion comme l'interprétation. Par contre, au cours de la séance (A), l'enseignante après avoir défini les règles du jeu laisse aux élèves le soin d'observer, interpréter et elle intervient pour réguler ou institutionnaliser. Donc, sa contribution dans l'évolution du milieu est moins importante. Au niveau de la mésogénèse, la reprise d'un objet introduit par les enseignants (A) et (B) est un descripteur majoritaire durant les deux jeux. Cette reprise est la conséquence de la contrainte institutionnelle qui exige que l'élève en classe doit comprendre et apprendre en même temps. D'où les enseignants (A) et (B) ont habitué leurs élèves à répéter ce qu'ils disent et eux-mêmes ils reformulent les connaissances de plusieurs manières afin de familiariser les élèves au langage scientifique.

Nous avons aussi repéré plusieurs ruptures au niveau du contrat- milieu au cours du jeu 9 de la séance (B) et pas au cours du jeu 14 de la séance (A). En effet, la construction du jeu 14 de la séance (A) est cohérente et ordinaire, mais le jeu 9 de la séance (B) est un jeu qui ne présente pas un avancement ordinaire mais plutôt il présente trois ruptures remarquables. Ces ruptures sont des décisions de l'enseignant suite à des imprévus dans les échanges en classe.

Des modalités différentes de dévolution dans la séance (A)

Les jeux analysés sont des jeux dévolus. La «dévolution» employée par l'enseignante (A) est sous plusieurs modalités. Elle a utilisé l'encouragement, la donation, l'utilisation des pré-requis des élèves. La variation de ces modalités a incité les élèves à s'approprier la tâche de jouer le jeu et de participer à la construction du savoir. Par contre, l'enseignant de la séance (B) n'utilise pas toujours la technique de dévolution. La dévolution n'est présente que lors de l'observation directe de l'expérience. Mais, dès que l'enseignant est devant un nouveau savoir, il emploie généralement la technique d'institutionnalisation ce qui rejoint le fait que majoritairement la topogénèse est de son côté durant la séance.

Une épistémologie pratique des deux enseignants centrée sur les savoirs

Les deux enseignants mettent en œuvre des pratiques quoiqu'elles paraissent différentes, elles font de l'enseignant la source du savoir. De surcroît que la topogénèse est essentiellement sous la responsabilité de l'enseignant ou bien mixte et que l'action de l'enseignant est de conduire les élèves vers les savoirs soit en leurs guidant par des questions comme dans le cas de l'enseignant (A) ou en transmettant directement le savoir sous forme d'affirmation. Les deux enseignants génèrent dans les deux séances un dialogue basé généralement sur le questionnement de sorte qu'ils conduisent les élèves aux savoirs en question. Toutefois, les objets introduits par les élèves ne sont pas tous les biens venus. De ce fait, nous remarquons plusieurs rejets d'objet de la part des enseignants sous prétexte que ces objets ne font pas avancer la construction du savoir. Malgré que certains objets peuvent permettre de développer l'esprit scientifique et de plus ils sont déduits du contexte social, politique et même renvoient vers une pratique de référence.

D'une façon générale, les deux enseignants centrent leurs pratiques sur les savoirs à enseigner sans s'intéresser pour autant au processus enseignement-apprentissage.

CONCLUSION

Nous concluons notre travail par présenter nos résultats principaux. Ainsi, nous considérons en premier lieu que notre recherche consiste à décrire les pratiques effectives des enseignants du premier cycle de base en éveil dans un domaine non exploré qui est l'enseignement de l'effet chimique du courant électrique- l'électrolyse.

De plus, nous pensons qu'analyser les pratiques selon la TACD permet de mieux les comprendre. En effet, l'étude des descripteurs de l'action conjointe nous permettent d'accéder aux pratiques dans un réseau de relations complexe. Nous estimons que c'est pertinent d'analyser les pratiques dans ce domaine puisqu'elle nous donne une idée sur l'épistémologie pratique de l'enseignant et le rapport personnel de l'enseignant aux savoirs concernés de façon active.

En second lieu, nous constatons qu'ils surgissent sur le terrain plusieurs difficultés vécues par les enseignants dans l'enseignement de l'électrolyse, soit pour un enseignant d'une certaine expérience soit pour un enseignant novice.

Enfin, nous considérons que former des enseignants polyvalents comme il est le cas pour l'enseignement du premier cycle de base, ne peut s'inscrire que dans la durée. Certes, que la formation initiale de l'enseignant peut d'un côté influencer les pratiques. En effet, ceux qui enseignent des matières qui ne s'inscrivent pas dans le domaine de leurs formations initiales, peuvent avoir plus de difficultés sur le terrain à gérer les imprévus et de prendre des décisions

RÉFÉRENCES

- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur les pratique enseignante : l'analyse plurielle, *Revue Française de Pédagogie*, 138, 85-93.
- Marcel, J.-F., Orly, P., Rothier-Bantzer, E., & Sonntag, M.(2002). Les pratiques comme objet d'analyse. *Revue Française de Pédagogie*, 138, 135-170.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds), *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 13-49). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Elément pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : DeBoeck.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). Agir ensemble : l'action didactique conjointe. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds), *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 93-122). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre de nouveaux programmes des sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue Française de Pédagogie*, 180, 95-120.

Application de la classe inversée et l'apprentissage par problème dans un cours de programmation

GHAZI KHODJET EL KHIL, ZIED ALAYA, LAMJED BETTAEIB

ESPRIT School of Engineering, Tunis
Tunisie

ghazi.khodjetelkhil@esprit.tn

zied.alaya@esprit.tn

lamjed.bettaieb@esprit.tn

RÉSUMÉ

Pendant l'année universitaire 2014/2015, l'adoption d'une nouvelle approche active dans le cours de programmation procédurale, un module enseigné aux étudiants de première année du cursus ingénieur informatique, a été approuvée dans notre école ESPRIT - École Supérieure Privée d'Ingénierie et de Technologies. Dans cet article, nous allons détailler les principes de cette approche, son application ainsi qu'une comparaison avec celle adoptée dans les années universitaires précédentes et les résultats obtenus. Dans la mise en œuvre de cette approche, nous nous sommes inspirés non seulement de l'APP ou « Apprentissage Par Problèmes » mais aussi de l'approche dite « Classe inversée » afin de favoriser l'acquisition des compétences techniques et des compétences personnelles. Nous avons programmé durant chaque semaine trois séances: une séance d'encadrement, une séance pour la situation problème et une dernière pour le cours de restructuration pour faire une synthèse et corriger des exercices.

MOTS-CLÉS

Apprentissage actif, Apprentissage Par Problème, classe inversée, programmation procédurale

ABSTRACT

In the academic year 2014/2015, the adoption of a new active approach in procedural programming course, a module taught freshmen computer engineering program, was approved in our school ESPRIT - School of Engineering. In this article, we will detail the principles of this approach, its application and a comparison with that adopted in previous approach. In the application of this approach, we were inspired not only from the PBL (Problem Based Learning) but also the approach called "Flipped Classroom" to promote the acquisition of hard skills and soft skills. We planned for each week three sessions: a coaching session, a session for the problem situation and a lecture session to synthesize and correct exercises.

KEYWORDS

Active Learning, Problem-Based Learning, flipped Classroom, procedural programming

INTRODUCTION

L'Apprentissage Par Problème, ou APP, est l'une des pédagogies actives les plus connues. Elle consiste à partir d'une situation problème à résoudre par les apprenants pour qu'ils puissent atteindre les objectifs du cours (Bédard, Turgeon, Tardif & Desmarchais, 1995). Cette pédagogie a prouvé que non seulement les étudiants assimilent mieux les objectifs des cours mais aussi ils arrivent à améliorer leurs compétences personnelles telles que la communication, l'autonomie, l'autoapprentissage, le travail en équipe et l'initiative (Université de Namur, 1999; Frenay, Galand & Bourgeois, 2007). C'est ainsi que les enseignants d'ESPRIT - École Supérieure Privée d'Ingénierie et de Technologies ont eu l'accord de l'administration pour passer d'une approche pédagogique classique vers l'APP dans le cours de programmation procédurale en informatique.

Une première itération dans l'adoption de cette approche active a été faite durant l'année universitaire 2012-2013 (Alaya, Khodjet El Khil & Bettaieb, 2015). Cette itération a donné des résultats satisfaisants. Cependant, plusieurs points négatifs ont été constatés tels que :

- a) Les situations problèmes ou les « Prosits », ne couvrent pas tous les objectifs du module.
- b) Les Prosits sont parfois très compliqués à résoudre pour les apprenants.
- c) Les apprenants sont habitués à être guidés et ils sont très dépendants de l'enseignant.

Nous avons choisi donc d'améliorer encore plus notre approche. Étant donné que le module en question est dédié à des débutants en programmation, un Prosit est généralement perçu comme étant très compliqué par les apprenants ce qui nécessite plus d'efforts de la part des tuteurs dans l'encadrement des apprenants pour arriver à un résultat acceptable. La classe inversée propose que l'apprenant prenne en charge seul la lecture du cours et la résolution des exercices avant de venir en classe (Bissonnette & Gauthier, 2012; Jacob & Matthew, 2013). L'enseignant corrigera directement les exercices et répondra aux questions des étudiants sur le chapitre.

Dans l'approche qui a été adoptée dans l'année universitaire 2012/2013, l'apprenant doit lire seul le cours et faire des exercices qu'il cherchera dans les livres de référence ou sur internet afin de résoudre une situation problème, appelé Prosit, que nous avons donnée au début de la semaine. Dans la nouvelle approche adoptée dans l'année universitaire 2014/2015, nous commencerons avec la classe inversée où l'apprenant fera seul la lecture du cours et corrigera des exercices d'application directe en classe puis il aura à la fin de semaine un Prosit à résoudre avec son groupe. Le Prosit étant de nature plus ouverte, il nécessitera plus d'efforts et de travail.

Dans ce qui suit nous allons décrire le module puis l'application de cette approche dans ce cours.

DESCRIPTION DU MODULE

Le module Programmation Procédurale du cours d'informatique est un module de 84 heures présentielles avec 8 crédits. Il est enseigné aux étudiants de première année durant les 14 semaines du premier semestre. À la fin de ce module, l'apprenant sera capable de mettre en œuvre les concepts de base de l'algorithmique et connaîtra les fondements de la programmation procédurale. L'apprenant pourrait ainsi, appliquer les différentes étapes d'élaboration d'un programme informatique :

- Spécifier un problème : ce qui est en données, ce qui est attendu comme résultat.
- Définir et implémenter un algorithme permettant de résoudre ce problème.

C'est l'un des modules fondamentaux dans le cursus des ingénieurs dans les TIC ou « Technologies de l'Information et de la Communication ». Plusieurs modules dépendent directement de cette matière tels que: Programmation Orientée Objet C++, Java, développement Web et les projets de développement. D'ailleurs durant le deuxième semestre de la même année, les étudiants auront un projet de développement en langage C avec 7 crédits et un autre module de programmation, qui est la continuité du premier, avec 5 crédits. Les deux derniers modules dépendent directement de celui du premier semestre.

Durant l'année universitaire 2014/2015, nous avons appliqué cette approche sur 238 étudiants de première année répartis sur huit classes. Chaque classe contient environ trente étudiants. Les apprenants de la même classe vont travailler en équipe. Chaque équipe est composée de cinq membres choisis par tirage au sort dans la première semaine. Les membres d'une équipe travaillent ensemble pendant tout le semestre et dans tous les modules.

DESCRIPTION DE L'APPROCHE

Dans l'approche APP, l'apprenant sera mis devant une situation problème qui présente une complexité suffisante pour que l'étudiant ait un défi à relever. Selon Saint-Jean (1994), avec l'approche pédagogique APP, l'apprentissage est conçu comme un processus dynamique permettant à l'étudiant d'être actif, en se questionnant, en analysant et en échangeant avec ses pairs et avec les autres personnes ressources. Barrows (1986) et Galaise (2001) présentent plusieurs avantages de l'APP tel que : Développer une habileté pour l'auto-apprentissage; Développer des habiletés dans la compréhension des problèmes, dans le choix des actions à poser, dans la communication et dans les relations interpersonnelles; Développer une motivation intrinsèque pour l'apprentissage, le questionnement et la compréhension; Développer l'habileté au travail en groupe en favorisant la collaboration, l'apprentissage par les pairs ainsi que l'acceptation des rétroactions constructives et la capacité d'en donner.

Dans l'approche classe inversée, chaque apprenant peut étudier quand il le veut dans son temps libre. En classe, l'approche offre une place à la différenciation en revenant plus profondément sur les points de difficultés des apprenants. Plusieurs études empiriques confirment des bienfaits de la classe inversée. Ainsi, Papadopoulos et Santiago Roman (2010) constatent que cette approche favorise un apprentissage plus rapide, davantage d'entraide et de meilleurs résultats. Pierce et Fox (2012) observent aussi une amélioration des résultats notamment en raison du contact avec les matières avant le cours, des évaluations formatives en cours d'année et des interactions en classe. Deslauriers, Schelew et Wieman (2011) trouvent qu'une amélioration des résultats dans un cours de physique est enregistrée dans la classe inversée.

L'approche décrite dans cet article s'inspire de l'Apprentissage Par Problème et de la classe inversée qui sont toutes les deux des approches de l'apprentissage actif. Chaque semaine correspond à des objectifs visés. Un mail de rappel de ces objectifs sera envoyé aux apprenants dans le weekend contenant :

- a) Le cours qui couvre les objectifs de la semaine.
- b) Une série d'exercices simples qui permettent une application directe.
- c) Un QCM sur les objectifs de la semaine précédente. Le QCM est accessible dans la page de cours sur notre plateforme de e-learning.

Chaque semaine, les apprenants ont trois séances en présentiel. Comme décrit dans le TABLEAU 1, une première séance d'une durée de 1h30 servira à la correction des exercices déjà envoyés. La

deuxième séance est une séance dédiée à la résolution d'une situation problème appelée « Prosit ». Cette séance s'étale sur 3 heures et elle est divisée en deux sessions: « Aller » et « Retour ». Les apprenants travaillent en équipes dans les deux sessions où dans la session « Aller » ils vont analyser ensemble la situation problème et dans la session « Retour » discuté les solutions qu'ils ont trouvées. Dans ces sessions, l'enseignant jouera le rôle de tuteur qui encadre sans donner des solutions (Christelle, Denis & Josée-Anne, 2015). Le Prosit couvre les objectifs de la semaine en cours et de ceux déjà traités. La dernière séance dure 1h30, appelé « Cours de restructuration », est programmée à la fin de la semaine. Durant cette séance, l'enseignant fera une synthèse et corrigera des exercices d'applications.

TABLEAU 1

Répartition des séances dans la semaine

Séance 1 (1h30)	Séance 2 (3h)	Séance 3 (1h30)	Mail
Correction des exercices de la semaine et réponses aux questions des étudiants	*Aller : Prosit Encadrement des groupes *Retour : validation du prosit	Cours de restructuration	*QCM *Objectifs de la semaine *Cours *Série d'exercices relatifs aux objectifs de la semaine suivante

Application de la classe inversée

Chaque fin de semaine l'étudiant reçoit un mail pour lui rappeler les objectifs de la semaine à venir, un support de cours sur ces objectifs et une série d'exercices de faibles difficultés. Cette série ainsi que le cours permettent à l'étudiant de comprendre et d'appliquer les principes de son cours avant de venir en classe. De ce fait, l'étudiant, dès sa première séance avec son tuteur aura des questions précises sur les parties qu'il n'a pas comprises. Il est à noter que les exercices couvrent partiellement les objectifs de la semaine.

Un QCM qui traite ces objectifs est mis à la disposition des apprenants sur notre site web. Ce QCM les aidera à faire une auto-évaluation sur ce qu'ils ont appris.

Application de l'APP

Pendant la séance « Aller/Retour », un Prosit est donné aux étudiants à la session "Aller". Le Prosit vise à approfondir les connaissances vues dans la première phase et couvrir le reste des objectifs de la semaine. La session « Aller », qui dure 1h30, est dédiée à la compréhension du Prosit et à la recherche des solutions possibles. Le tuteur aura comme mission de guider les apprenants sans donner une solution.

Après 1h30, la session "Retour" est lancé. Cette session dure également 1h30, au cours de laquelle chaque équipe discutera sa solution avec son tuteur. Ce dernier ne fera pas une correction, mais il continuera son travail de guidage pour valider ou améliorer la solution.

Au cours des deux sessions, les étudiants travaillent en équipes et ils doivent faire des recherches et des « brainstormings », tout en étant encadrés par les tuteurs.

RÉSULTATS

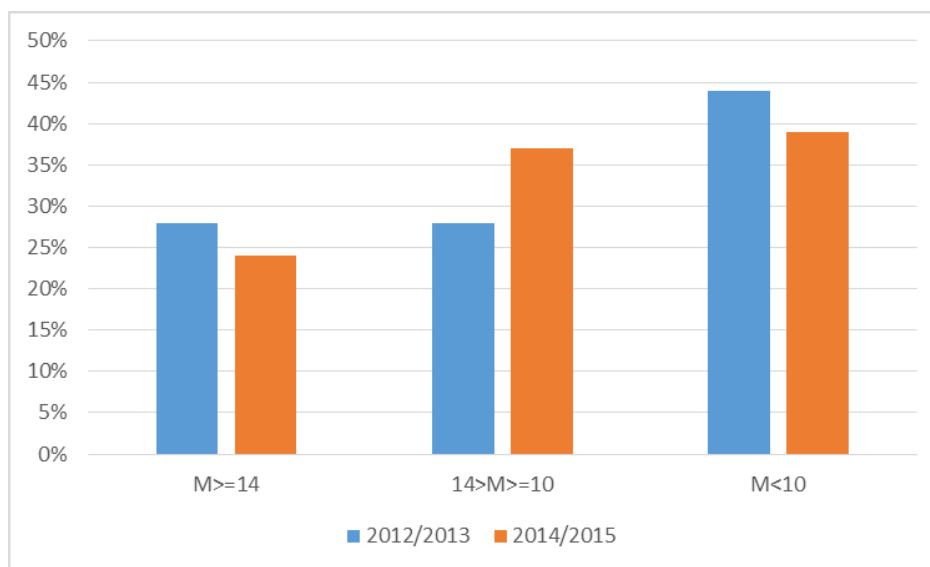
Pour évaluer notre approche, nous avons recueilli les avis des apprenants avec un questionnaire.

Nous avons également étudié les résultats scolaires des apprenants durant l'année universitaire 2014/2015 et 2012/2013. Il convient de noter que, selon le modèle de Biggs sur l'alignement pédagogique entre les objectifs d'un cours, l'évaluation et les activités d'enseignement et d'apprentissage (Biggs, 2003), un seul composant a changé: «Activités d'enseignement et d'apprentissage». En effet, uniquement l'approche pédagogique adoptée a été modifiée mais nous avons gardé les mêmes objectifs et les mêmes moyens d'évaluation.

Résultats scolaires

Lord de la rédaction de cet article, les données reçues de notre service examen concernant les résultats scolaires des étudiants dans l'année universitaire 2013/2014 ont été incomplète. Nous avons alors choisi de comparer les résultats des années universitaires 2012/2013 et 2014/2015. La FIGURE 1 illustre les résultats des étudiants. Nous remarquons une amélioration globale dans les résultats de l'année universitaire 2014/2015 par rapport à ceux de l'année universitaire 2012/2013. En effet, le taux d'échec est passé dans cette matière de 44% à 39%. Ainsi, la nouvelle approche a eu un effet positif sur les taux de réussite de nos étudiants.

FIGURE 1



Résultats scolaires des années universitaires 2012/2013 et 2014/2015

L'analyse de la comparaison des résultats scolaires des années universitaires 2012/2013 et 2014/2015 montre qu'il y a une augmentation de 5% du taux réussite en utilisant cette nouvelle approche. Une nette augmentation du taux des étudiants dont les moyennes entre 10 et 14 est visible et est évolué à 9%.

Une baisse du taux des moyennes supérieures ou égales à 14 de 4% est aussi visible dans cette comparaison.

Il est à noter que tous les enseignants attestent que les examens de l'année universitaire 2014/2015 ont été plus difficiles que ceux de l'année universitaire 2012/2013 ce qui peut expliquer la baisse dans cette tranche de 28% à 24%.

Résultats du questionnaire étudiants

Nous avons demandé aux étudiants de nous fournir leurs feedback via un formulaire papier rempli d'une façon anonyme à la fin de semestre. Nous avons eu un taux de réponse de 92,45% sur les 238 étudiants. Sept questions ont été posées pour avoir une idée sur la satisfaction globale des apprenants. Le Tableau 2 contient les questions avec les réponses.

Il est à noter que nos étudiants sont habitués avec le terme APP par abus de langage pour désigner l'apprentissage actif en général. Ceci explique pourquoi nous avons gardé le terme APP dans la première question dans le Tableau 2 sans parler de classe inversée.

TABLEAU 2

Satisfaction globale des apprenants

	Pas de tout d'accord	Pas d'accord	Neutre / sans opinion	D'accord	Entièrement d'accord
Q1. Apprendre avec l'APP fut une bonne expérience	10,33%	17,93%	17,93%	41,85%	11,96%
Q2. Je suis satisfait de ma propre contribution dans le travail de mon équipe	9,24%	9,24%	27,72%	35,33%	18,48%
Q3. La qualité de la supervision était excellente	11,96%	14,67%	44,57%	23,37%	5,43%
Q4. Notre travail collaboratif au sein des équipes aurait pu être mieux	4,35%	3,80%	26,63%	39,13%	26,09%
Q5. Globalement, je suis satisfait de mon expérience durant ce semestre	9,78%	14,13%	26,63%	33,15%	16,30%
Q6. Je ferais mieux le prochain semestre	2,19%	4,37%	25,68%	26,23%	41,53%
Q7. Je souhaite revenir à la méthode d'enseignement classique	19,57%	14,13%	36,41%	19,02%	10,87%

Comme nous pouvons constater dans le Tableau 2, dans la première question, 53,81% trouvent que l'apprentissage avec cette approche a été une bonne expérience et 76,08% dans la question 5 sont satisfaits ou ont un avis neutre de leur propre expérience durant le semestre.

29,89% des étudiants dans la question 7 souhaitent revenir vers la méthode classique dont ils se sont habitués depuis au moins 13 ans. Malgré que le taux d'échec dans ce module a été plus important avec la pédagogie classique (Alaya, Khodjet El Khil & Bettaieb, 2015) mais plusieurs étudiants pensent que la cause de leur échec est l'approche adoptée.

Sur le plan travail en équipes, dans la question 4, 91,85% des étudiants ont un avis neutre ou pensent que le travail avec leur équipe aurait pu être mieux et 18,48% des étudiants dans question 2 ne sont pas satisfaits de leur contribution au sein de l'équipe. D'autre part, uniquement 6,56% dans la question 6, pensent qu'ils ne peuvent pas faire mieux la prochaine fois avec cette approche. Les réponses à ces trois questions, questions 4-2 et 6, nous amènent à penser que les apprenants sont conscients des difficultés rencontrées, comment les dépassées et qu'ils sont prêt à apprendre avec une telle approche d'autres modules.

Pour la qualité de la supervision dans la question 3, uniquement 28,8% sont satisfaits.

CONCLUSION

Pendant l'année universitaire 2014/2015 nous avons changé d'approche dans l'enseignement du module « Programmation Procédurale ». Ce module, qui traite les fondamentaux d'un futur ingénieur en informatique ou en télécommunication, a eu déjà un premier changement durant l'année universitaire 2012/2013 en appliquant l'Apprentissage Par Problème. Malgré qu'en plus de l'acquisition des compétences techniques, l'APP renforce plusieurs compétences personnelles chez l'apprenant, les étudiants ont trouvé une grande difficulté à s'y adapter vu qu'ils sont habitués à la pédagogie classique.

Tout en gardant une approche active, nous avons adopté une pédagogie mieux adaptée à la nature de nos apprenants. Ainsi, l'apprenant commencera dans une première étape par la classe inversé où il va lire seul le cours et prépare les exercices puis viens à la classe pour les corrigés avec l'enseignant. Dans cette première phase, les exercices couvrent une partie des objectifs. Dans la deuxième phase, l'apprenant passera par l'APP pour approfondir des compétences techniques déjà vu dans la première phase et couvrir le reste des compétences prévu dans le cours.

Les résultats ont été globalement meilleurs que ceux de l'approche précédente. Néanmoins, des améliorations sont nécessaires pour aider les étudiants en plus grande difficulté et diminuer encore le taux d'échec. Améliorer la qualité de la supervision en planifiant des formations des formateurs sera une piste possible. En effet, plus de 26% ne sont pas satisfait de la qualité de la supervision (question 3 dans le Tableau 2), et 44,75% sont neutres. Aider les apprenants pour acquérir plus rapidement des compétences nécessaires pour mieux communiquer et travailler au sein d'une équipe est aussi une autre piste possible.

RÉFÉRENCES

- Alaya, Z., Khodjet El Khil, G., & Bettaieb, L. (2015). *Active learning for freshmen students in a software Engineering Education*. Paper presented at the 5th IRSPBL / IJCLEE 2015, Mondragon University, Mondragon, Spain.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486.
- Bédard, D., Turgeon, J., Tardif, J., & Desmarchais, J. (1995). L'apprentissage par problèmes à l'ordre universitaire: fondements, résultats obtenus et limites. In *Actes du colloque de l'AIPU* (pp. 1-9). Hull, Québec: AIPU.
- Biggs, J. B. (2003). *Teaching for quality learning at university*. Buckingham: Open University Press.
- Bissonnette, S., & Gauthier, C. (2012). Faire la classe à l'endroit ou à l'envers? *Formation et Profession*, 20(1), 23-28.
- Christelle L., Denis B., & Josée-Anne, C. (2015). Être tuteur en apprentissage par problèmes: quels styles d'animation ? *Revue Internationale de Pédagogie de l'Enseignement Supérieur*, 31(1), <http://ripes.revues.org/900>.
- Deslauriers, L., Schelew, E., & Wieman, C. (2011). Improved learning in a large-enrolment physics class. *Science*, 332, 862-864.

- Frenay, M., Galand, B., & Bourgeois, E. (2007). L'approche par problèmes et par projets : effets de dispositifs pédagogiques actifs dans l'enseignement universitaire. In M. Frenay & X. Dumay (Eds), *Un enseignement démocratique de masse : Une réalité qui reste à inventer* (pp. 287-310). Louvain : Presses Universitaires de Louvain.
- Galaise, C. (2001). *Approche pédagogique d'apprentissage par problèmes et connaissances conditionnelles en expertise comptable au premier cycle universitaire*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, Canada.
- Jacob, L. B., & Matthew, A. V. (2013). *The Flipped Classroom: a survey of the research*. Paper presented at the 120th ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, USA.
- Papadopoulos, C., & Santiago Roman, A. (2010). *Implementing an inverted classroom model in engineering statics: initial results*. Paper presented at the American society for engineering statistics proceedings of the 40th ase/ieee frontiers in education conference, Washington, USA.
- Pierce, R., & Fox, J. (2012). Vodcasts and active learning exercises in a "flipped classroom" model of a renal pharmacotherapy module. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 76(10), 1-5.
- Saint-Jean, M. (1994). *L'apprentissage par problèmes dans l'enseignement supérieur*. Service d'aide à l'enseignement, Université de Montréal, Québec.
- Université de Namur (1999) *L'apprentissage par problèmes*. Service de Pédagogie Universitaire de l'Université de Namur, Belgique.

Apports de l'apprentissage/enseignement contextualisés authentiques : perceptions des étudiants au cycle Diplôme Universitaire Technologique

NADIA ELMECHRAFI¹, ABDELLATIF CHIADLI²

*École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique
Mohammed V University in Rabat
nadelmechrafi2011@gmail.com
Maroc*

*Faculté des Sciences
Mohammed V University in Rabat
a.chiadli@um5s.net.ma
Maroc*

RÉSUMÉ

Les mouvements réformateurs requièrent la mise en place d'approches pédagogiques favorisant la contextualisation des savoirs et le développement de compétences potentiellement mobilisables dans divers contextes. Cet article présente une partie des résultats obtenus à partir de trois questionnaires administrés à trois filières techniques. Il vise un double objectif : les réponses recueillies et traitées isolément tenteraient de révéler la tendance des scores enregistrés par rapport aux apports du Modèle de la Pédagogie Situationnelle. Ces mêmes résultats confrontés à l'analyse de contenu de la question ouverte, permettraient de déterminer et de contrôler dans quelle mesure ces perceptions se renforcent, se complètent ou se contredisent.

MOTS-CLÉS

Pédagogie situationnelle, compétences en communication professionnelle, didactique professionnelle

ABSTRACT

The movements for reform require a pedagogical approach which favour the contextualization of skills and the development of competences which could potentially be used in various contexts. This article presents some of the results of the questionnaires administered to three technical streams of study. It has a double objective : the replies, treated separately, would attempt to reveal the tendency of the resulting scores compared to the contributions of the Situational Pedagogical Model. These results compared to the content of the open question, would then determine and control to what extent these perceptions strengthen, complement or contradict each other.

KEYWORDS

Situational Pedagogy, skills in professional communication, professional didactics

INTRODUCTION

Dans des articles publiés précédemment, nous avons présenté le Modèle de la Pédagogie Situationnelle (MPS) et avons montré le processus de sa mise en œuvre dans le cas de

l'enseignement de la communication professionnelle au profit d'étudiants du cycle « Diplôme Universitaire Technologique » (DUT) tertiaire et industriels (Elmechrafi & Chiadli, 2012). Ensuite, nous avons publié quelques résultats dégagés au terme de cette expérimentation pour montrer les effets positifs et les limites de ce modèle par rapport aux dimensions suivantes : activités pédagogiques et nouveaux rôles de l'enseignant, développement des compétences en communication professionnelle, intention de transférer ces compétences et leur transfert effectif dans des situations hors classe (Elmechrafi & Chiadli, 2014).

L'interprétation de ces résultats, délibérément centrée sur la perception des étudiants vis-à-vis de leurs propres apprentissages, est une piste à la fois intéressante et « minée ». L'intérêt réside dans l'implication de l'étudiant à adopter une posture réflexive. Il est considéré comme acteur actif et responsable, constamment interpellé dans le processus d'appropriation des compétences et leur transfert dans des contextes hors classe. L'écueil relève du caractère subjectif des perceptions, conjugué aux risques éventuels de mauvaises interprétations qui altéreraient les réponses formulées. L'objectif de cet article est de vérifier que le transfert de compétences hors contexte classe a bien eu lieu. Les perceptions des étudiants confrontées à la consigne de contrôle¹ prévue à la fin du questionnaire nous renseignent sur la cohérence des réponses et permettent de montrer dans quelle mesure ces réponses renforcent ou contredisent le principe d'installation de ressources, d'amplification et de mobilisation des compétences en communication professionnelle tel que démontré par nos publications antérieures.

CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Le système éducatif marocain s'inscrit dans une dynamique réformatrice en réaction à une double pression : celle dictée par les mutations socio-économiques nationales et internationales et celle imposée par des événements déterminants ayant marqué l'éducation-formation au Maroc. Ces réformes (Charte Nationale d'Éducation et de Formation en 2000, réforme universitaire en 2003), si révolutionnaires et novatrices soient elles, ne semblent pas avoir apporté les solutions optimales espérées pour faire face aux défaillances du système éducatif marocain en général et universitaire en particulier. En effet, les tapages médiatiques provoqués par plusieurs rapports nationaux et internationaux n'ont pas manqué de révéler le déficit de notre système d'enseignement. Ils passent ainsi au crible toutes ses composantes du préscolaire à la formation universitaire. Le gouvernement marocain déclenche la mise en œuvre du Plan d'Urgence (2009-2012) et fait de l'enseignement son premier cheval de bataille.

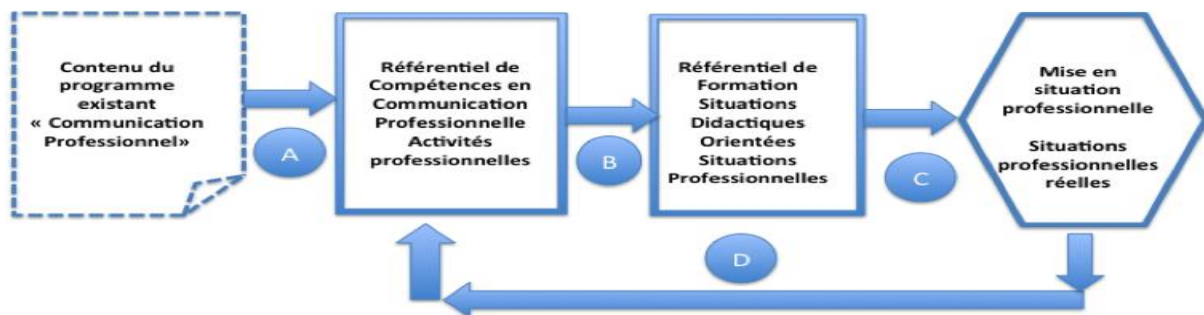
Dans le contexte de l'enseignement supérieur marocain, où le métier d'enseignant s'apprend « sur le tas » (Chiadli, 2008, 2012) et en l'absence d'un référentiel de compétences, le Modèle de la Pédagogie Situationnelle (MPS) que nous proposons (Elmechrafi & Chiadli, 2012) soutient la cohérence de l'intervention pédagogique conformément aux principes qui orientent tous ces changements. La particularité de ce modèle fait de ces contraintes son point de départ. En effet, la boucle de professionnalisation part, à l'inverse de la didactique professionnelle, d'un programme existant orienté « contenus », et s'articule autour de quatre étapes (fig. 1) :

- a) une transposition professionnelle du contenu à enseigner pour inférer, à partir du contenu à enseigner, les compétences professionnelles et les décliner en activités professionnelles. L'enseignant passe alors d'un « contenu à enseigner » à un Référentiel de Compétences ;

¹ Afin d'améliorer la qualité et l'efficacité des séances de « Communication en Entreprise », faites-nous part de vos critiques et suggestions d'amélioration. Nous en tiendrons compte.

- b) une transposition situationnelle. Il s'agit de transposer didactiquement les activités professionnelles du Référentiel des Compétences Professionnelles en situations authentiques d'apprentissage (« situations didactiques » orientées « situations professionnelles ») ;
- c) une mise en situation professionnelle où l'étudiant est amené à mobiliser, de manière intégrée, toutes ses ressources pour définir son action face à une situation réelle (stage pratique) ;
- d) une validation professionnelle du Référentiel de Compétences tenant compte du bilan établi au terme des stages ou par intermittence, favorisant des actions de redressement et d'amélioration continue en phase avec les exigences et attentes du milieu professionnel.

FIGURE 1



Étapes de mise en œuvre du modèle de la pédagogie situationnelle (MPS)

L'expérimentation porte sur le module de la communication professionnelle commun à toutes les filières DUT. Trois aspects justifient l'intérêt porté à ce module. Le premier aspect concerne l'utilité double des compétences développées en communication professionnelle : elles comprennent des composantes transversales transférables, d'une part, aux diverses disciplines du cursus de formation, d'autre part, en milieu professionnel. Le deuxième aspect concerne le volet pédagogique de leur acquisition : les composantes transversales et psychosociales ne se construisent pas par transmission de « contenus ». Le troisième aspect est que ce module, que nous avons nous-même assuré, inscrit cette expérimentation dans le cadre d'une recherche-action. Les recoupements établis à partir de l'examen de la revue de littérature francophone et anglo-saxonne révèlent l'existence de liens étroits entre apprentissage/enseignement, contexte et transfert. Cette interdépendance est articulée autour de la triade contextualisation, décontextualisation et recontextualisation. Celle-ci, fortement ancrée au cœur même du mécanisme du transfert des apprentissages ; a servi de cadre de référence pour l'opérationnalisation de notre modèle : les moments d'apprentissage/enseignement ne se distinguent pas de ceux de l'intention de transfert et du transfert effectif. Pour chacune de ces phases interdépendantes, des mécanismes sont mis en œuvre à des fins institutionnelles visant l'apprentissage mais également pour des finalités pratiques visant le transfert. Concrètement, cette opérationnalisation, telle que vécue par les étudiants, est décrite dans la partie « cadre méthodologique/ expérimentation du MPS ».

CADRE THÉORIQUE

Le MPS que nous avons conçu et expérimenté a cette particularité de s'appuyer sur des théories et des pratiques directement ou indirectement interpellées par le besoin de notre recherche. Il est porté par une vision du knowledge management (Tisseyre, 1999) intégrée dans le cas d'une

pédagogie orientée compétences (Lasnier, 2000; Perrenoud, 1995, 1996, 1997, 1998; Zarifian, 2001) dans la lignée socioconstructiviste (Vygotsky, 1978; Bruner, 1998), fondée sur l'objectif de la construction des compétences et leur transfert (Le Boterf, 1999, 2000, 2008; Perrenoud, 2000; Tardif, 1996, 1999).

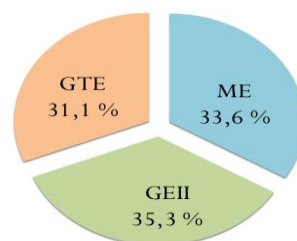
Les principes de la didactique professionnelle (Samurçay & Pastré, 1995; Mayen, 2004; Pastré, 2002) sont convoqués principalement lors de l'étape de validation par itération de la boucle de professionnalisation. Ce sont ces principes qui, une fois l'entrée initiale de la boucle court-circuitée, marquent la dialectique entre le milieu d'apprentissage et celui où ces apprentissages seront investis (Meirieu et al., 1996; Tisseyre, 1999). La transposition situationnelle, en amont de cette dialectique, est fortement impactée par les apports du modèle de l'enseignement/apprentissage contextualisés authentiques (EACA) défini comme « un modèle présentant un ensemble de principes pédagogiques qui guident la planification et la réalisation d'activités d'apprentissage et d'enseignement, en prenant particulièrement en compte les contextes professionnels où seront transférés (mobilisés) les connaissances et les compétences acquises » (Presseau & Frenay, 2004). De cette définition se dégage l'articulation de deux principes fondamentaux qui orientent la planification et la réalisation d'activités d'enseignement et d'apprentissage compte tenu des contextes professionnels où seront investies les connaissances et les compétences acquises en milieu universitaire. L'opérationnalisation du MPS s'appuie à la fois sur le premier principe qui insiste sur l'adéquation entre la situation d'apprentissage universitaire et les contextes professionnels ; et sur le second principe qui met l'accent sur les démarches et processus d'apprentissage où les méthodes traditionnelles cèdent la place à des méthodes novatrices centrées sur un étudiant réflexif, autonome et motivé.

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Population cible

Le choix de trois filières est dicté par les circonstances dans lesquelles cette recherche est menée. Il a délibérément porté sur une filière relevant du tertiaire « Management des Entreprises (ME) » et sur deux filières à vocation industrielle « Génie Électrique et Informatique Industrielle (GEII) » et « Génie Thermique et Énergie (GTE) ». Sur un total de 119, les effectifs des trois filières se répartissent ainsi (fig. 2) :

FIGURE 2



Ventilation des effectifs par type de filière

L'impact de la filière sur les perceptions des étudiants est envisageable, toutefois, dans cet article, nous avons choisi de formuler les interprétations des résultats obtenus sur la base de l'effectif total des trois filières ; l'équipartition de l'effectif total entre les trois filières : 33,6 %, 35,3 % et 31,3 % respectivement pour les ME, GEII et GTE justifie ce choix.

Outil d'investigation et de collecte d'informations : questionnaires

Le protocole d'expérimentation de notre modèle retient trois questionnaires qui tiennent compte de deux exigences : la première en référence aux deux moments d'administration de ces questionnaires, à savoir « avant le stage » et « après le stage », la seconde renvoyant aux dimensions convoquées par chacun de ces trois questionnaires en cohérence avec nos questionnements (Tableau 1) :

TABLEAU 1
Éléments de construction des trois questionnaires

<i>Questions de recherche</i>	<i>Dimensions interrogées</i>	<i>Un questionnaire Avant le stage</i>	<i>Deux questionnaires Après le stage</i>	
		<i>Étudiant</i>	<i>Étudiant</i>	<i>Maître de stage</i>
<i>1) Le MPS a-t-il permis l'acquisition de ressources ?</i>	<i>Perceptions des étudiants par rapport :</i>			
	Aux activités de l'enseignant	X		
	Aux nouveaux rôles de l'enseignant	X		
	À leur niveau initial (avant le cours)	X		
	Aux avantages de la méthode	X		
	Au niveau acquis (assimilation après le cours)	X		
	Aux modes d'évaluation	X		
<i>2) Le MPS a-t-il favorisé la maîtrise de compétences en communication professionnelle ?</i>	Appréciation du niveau de maîtrise des compétences en communication professionnelle	X	X	X
	Appréciation du niveau d'influence du MPS sur le changement des comportements et attitudes de l'étudiants	X	X	X
<i>3) Les compétences en communication professionnelle développées lors du module « communication en Entreprise » sont-elles transférables dans des situations concrètes ?</i>	Intention de transfert des compétences, visées par le cours, dans d'autres contextes (dans les autres matières, associations, vie quotidienne, milieu professionnel)	X		
<i>4) Les compétences en communication professionnelle développées lors du module « communication en entreprise » ont-elles été effectivement transférées dans des situations concrètes ?</i>	Transfert effectif en milieu de stage, des compétences en communication professionnelle (application)		X	X

Les items retenus s'inspirent de modèles existants (Le Boterf, 2008) à propos de la modélisation du processus qu'une personne met en œuvre pour agir avec pertinence et compétence. Par ailleurs, les remarques et suggestions formulées par les « juges » (enseignants, étudiants, professionnels et personnes intéressées par la thématique...) nous ont aidés dans le choix final d'items pertinents et univoques, en cohérence avec notre étude.

Lors de la construction de notre questionnaire, nous n'avons retenu qu'une question ouverte à la fin du document. Le répondant étant imprégné par l'enchaînement des premières questions, pourrait manifester une prédisposition à s'engager dans ce continuum logique ou s'abstenir s'il juge avoir clarifié ses positions tout au long du questionnaire.

Expérimentation du modèle de la pédagogie situationnelle

L'expérimentation se focalise essentiellement sur les aspects méthodologiques de l'opérationnalisation du modèle que nous proposons dans le cadre de l'enseignement du module « Communication en Entreprise ». Les activités de l'enseignant (Chamberland, Lavoie & Marquis, 1995 ; Chamberland & Provoste, 1996) inscrites dans la triade contextualisation-décontextualisation-recontextualisation, font usage de diverses techniques pédagogiques qui semblent présenter les conditions requises pour favoriser la construction et le transfert des compétences en communication professionnelle (Barth, 2007). Ces choix sont dictés, d'une part, par la perspective socioconstructiviste, principal fondement théorique de notre modèle et, d'autre part, par l'articulation des deux principes fondamentaux du modèle apprentissage/enseignement contextualisés authentiques-

Les séances sont organisées de façon à rompre toute monotonie mais rigoureusement scénarisées pour des finalités préalablement déterminées. Les jeux de rôles, les simulations et les mises en situation (Parmentier & Paquay, 2002 ; Proust & Boutros, 2008), appuyés par des outils audio-visuels adaptés, éveillent la curiosité des étudiants et augmentent leur motivation à vouloir explorer et comprendre progressivement la complexité de la réalité de la vie active (Barbier & Durand, 2003). Ces moments d'apprentissage collectif (Le Boterf, 2000; Dumont, Instance & Benavides, 2010) et de partage visent essentiellement un apprentissage qui recentre l'intérêt sur l'apprenant et non sur le contenu, l'incitent à réagir, à comprendre les réactions des autres, à se décentrer pour mieux saisir la complexité et la particularité du contexte professionnel pour lequel il sera destiné.

Au cours de l'expérimentation, l'enseignant intervient en veillant à la pertinence de ses décisions par rapport aux différents moments d'acquisition et de mobilisation des compétences. Ces décisions concernent notamment le choix : a) des situations proposées b) des outils, c) des moments de l'exploitation de ces outils, des activités individuelles greffées à celles produites par le groupe.

Ces activités, qu'elles soient à l'initiative de l'enseignant (jeux de rôles, consignes) ou de l'étudiant (simulation, situation de stage) constituent des ressources indispensables au maintien de la dynamique qui régit la triade contextualisation, décontextualisation, recontextualisation. Le « développement de l'écoute active » est l'exemple retenu pour expliquer la mise en œuvre de cette triade compte tenu de la complexité progressive des situations. a) contextualisation : elle se focalise essentiellement sur l'installation de « tâches sources » à travers une situation de communication interpersonnelle (exemple : entretien d'embauche) ; b) décontextualisation : elle permet à l'étudiant de se soustraire du contexte initial, espace « tâche source » pour le transposer dans un contexte différent, celui d'une situation plus complexe, espace « tâches d'application », il s'agit d'une communication dans un groupe où le repêchage de ce qui est utile en vue d'un réinvestissement est favorisé par un travail métacognitif de la part de l'étudiant (exemple : réunion de résolution de problème) ; c) recontextualisation : la pertinence et l'authenticité des « tâches sources » et des « tâches d'application » constituent un échafaudage pour l'accomplissement des « tâches cibles »

composant les différentes situations rencontrées dans le contexte hors classe, l'immersion permet à l'étudiant de mettre en œuvre les compétences développées qui ne peuvent être considérées en tant que telles que si elles sont validées par l'action (exemple : séance de débriefing au terme du stage pratique).

Modalités d'administration des questionnaires

Conscients que les résultats des questionnaires correspondent aux perceptions des étudiants, nous les avons impliqués dès le début de l'expérimentation jusqu'à l'étape d'administration des questionnaires au terme des stages pratiques. Ces efforts de sensibilisation, qui ont également concerné les enseignants impliqués dans la phase d'élaboration des questionnaires, ont visé l'augmentation de l'objectivité des réponses obtenues : a) implication des étudiants et des « juges » à travers l'animation de séances de sensibilisation à propos de l'objectif de l'expérimentation, b) anonymat codifié exigé, c) administration des questionnaires en présentiel.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

En utilisant une grille à quatre niveaux d'appréciation, les étudiants sont invités à exprimer leur avis à propos des apports de la mise en œuvre du MPS dans l'enseignement de l'élément de module « Communication en milieu professionnel ».

L'objectif de la question de contrôle met l'accent sur divers aspects susceptibles de fournir des pistes intéressantes pour l'amélioration du modèle de la pédagogie situationnelle objet de notre étude. Les éléments retenus interrogent divers aspects rappelant la notion de compétence en tant que processus dynamique de mobilisation d'une combinatoire de ressources pour faire face à des situations inédites et singulières.

Dans un souci de simplification de la lecture des résultats, le tableau 2 met en relief deux catégories distinctes de perception par rapport aux apports du MPS : les étudiants pas du tout/peu d'accord avec les items proposés (Non : perceptions plutôt négatives) et ceux qui expriment leur accord/parfait accord avec ces mêmes items (Oui : perceptions plutôt positives).

TABLEAU 2

Appréciation des apports de la mise en œuvre du MPS : perception des étudiants

	Niveaux d'accord (*)	
	Non	Oui
1- Mémoriser plus longtemps les connaissances	21	79
2- Mieux structurer les connaissances apprises	10,1	89,9
3- Accéder plus facilement aux connaissances à apprendre	19,5	80,5
4- Apprendre plus vite	25,6	74,4
5- Être plus impliqué(e) dans mes apprentissages	20,3	79,7
6- Avoir plus d'interactions avec l'enseignant	13,4	86,6
7- Poser plus de questions à l'enseignant et à l'ensemble du groupe	16,9	83,1
8- Établir un meilleur lien entre les connaissances apprises et leurs domaines d'application (quand les appliquer, sous quelles conditions)	19,5	80,5
9- Développer davantage ma capacité à appliquer les connaissances apprises dans d'autres contextes	15,1	84,9

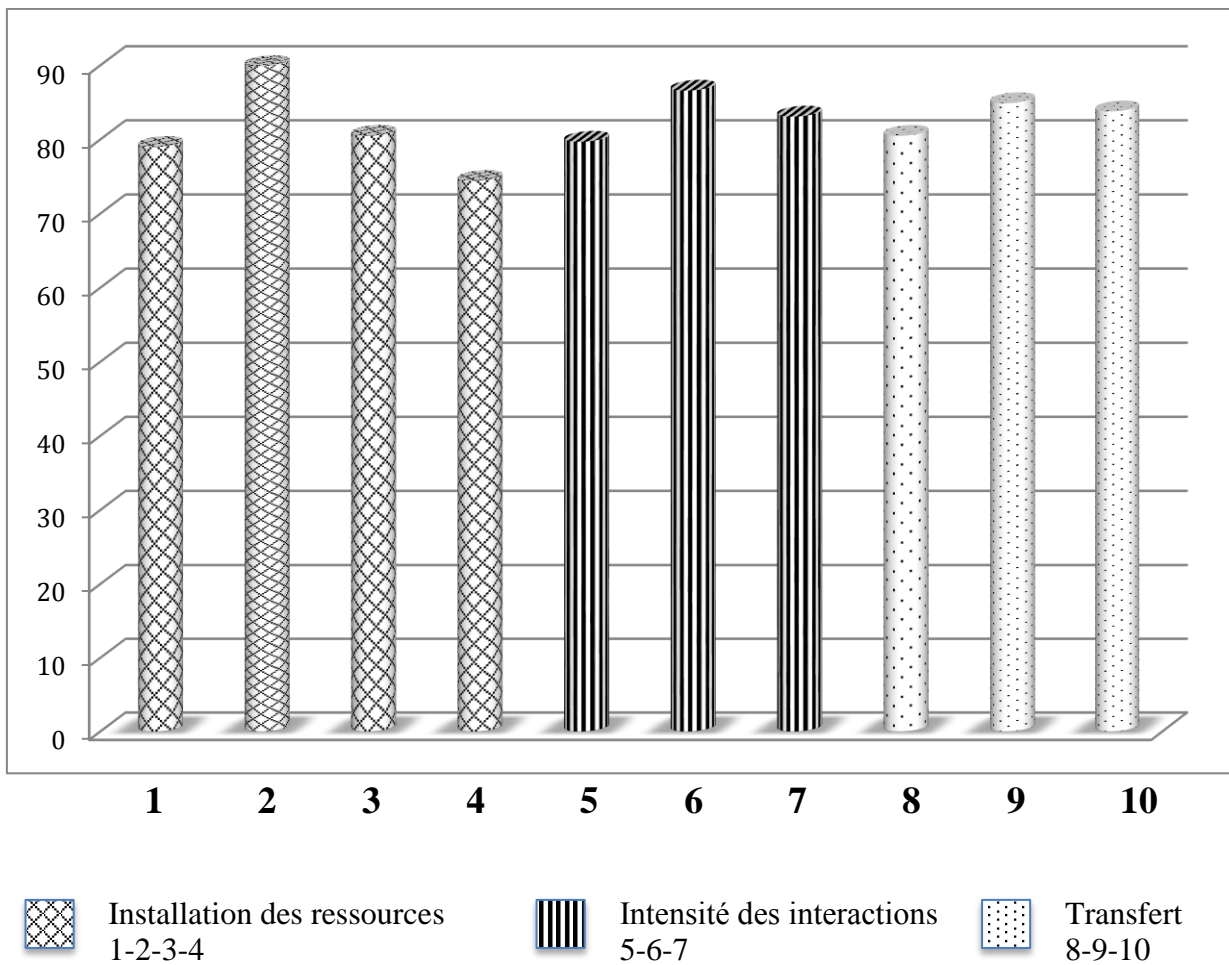
10- Raisonner plus en compétences à acquérir qu'en connaissances à apprendre par cœur	16,2	83,8
Moyenne globale	17,8	82,2
Score minimum	10,1	74,4
Score maximum	25,6	89,9

Installation des ressources 1-2-3-4
 Intensité des interactions 5-6-7
 Transfert 8-9-10

(*) Deux niveaux d'accord :
 Non = pas du tout/peu d'accord
 Oui = d'accord/parfaitement d'accord

Par référence à la trame de questionnement de notre recherche, les dix items consignés dans le tableau sont regroupés en trois blocs et visualisés par la figure 3. Il s'agit respectivement des perceptions relatives à l'installation des ressources (1-2-3-4), celles concernant l'intensité des interactions enclenchés par la mise en œuvre du modèle proposé (5-6-7) et enfin celles renvoyant à la notion de transfert des apprentissages.

FIGURE 3



Appréciation des apports de la mise en œuvre du MPS : perception des étudiants

Le premier niveau de lecture de ces résultats indique que toutes les valeurs se situent entre 75 et 90 %. Ces taux reflètent l'appréciation positive, par les étudiants, exprimée par les degrés « en accord » et « parfaitement en accord ». Les étudiants semblent conscients des apports du modèle notamment par rapport aux trois blocs : installation des ressources (1-2-3-4), intensité des interactions (5-6-7), sens que les étudiants donnent à leur propre apprentissage, prise de conscience d'un transfert potentiel de cet apprentissage (8-9-10).

Le second niveau de lecture permet de déterminer dans quelle mesure cette tendance positive de l'appréciation du modèle se maintient ou non compte tenu des résultats relatifs à l'analyse du contenu de la consigne ouverte² donnée à la fin du questionnaire. À travers cette confrontation, nous tenterons, dans un premier temps, de vérifier et d'asseoir les effets positifs du modèle sur l'apprentissage, le développement de compétences et le transfert de ces compétences dans des contextes hors classe. Dans un second temps, nous identifierons les écueils qui peuvent entraver l'opérationnalisation du modèle proposé. En effet, nous considérons que la qualité des réponses à la consigne ouverte est un puissant indicateur de la qualité des réponses recueillies.

Il est à signaler, en revanche, que le risque de répondants « muets » s'est soldé par un taux de retour de 40 %, sur un total de 119 étudiants ayant répondu au questionnaire « avant le stage », et une quasi absence de réponses à la consigne ouverte prévue à la fin d questionnaires administré « après le stage ». Ceci nous contraint de ne retenir que les réponses à la question ouverte correspondant au questionnaire administré avant le stage.

Notre interprétation est inscrite dans un processus impliquant d'abord un effort d'identification et de catégorisation des thèmes, objets de cette étude, et leur évaluation en fonction de leur récurrence et leur direction (Bardin, 1991).

Thèmes à récurrence positive

Le traitement des réponses à la question ouverte a permis de renforcer la tendance positive des perceptions des étudiants quant aux avantages de la mise en œuvre du modèle de la pédagogie situationnelle. La récurrence positive des thèmes ci-dessous, traduit une cohérence avec les scores fournis dans le tableau 2 : a) Les activités de l'enseignant et la proximité pédagogique, b) les activités de l'étudiant et l'interaction entre étudiants, c) l'appréciation du modèle par rapport à l'apprentissage, la convenance et la motivation, d) l'appréciation du niveau de maîtrise des compétences en communication professionnelle et du niveau d'influence du MPS sur le changement des comportements et attitudes de l'étudiant, e) la prise de conscience de la possibilité de transfert des compétences, visées par le cours, dans d'autres contextes (dans les autres matières, associations, vie quotidienne et milieu professionnel).

Thèmes à récurrence négative

En revanche, certains thèmes ont été fortement présents dans les propos des étudiants marqués par un sentiment de souhaits voire d'exigence de certaines conditions dans l'opérationnalisation du modèle de la pédagogie situationnelle. Les perceptions négatives des étudiants concernent des items qui ne figurent pas dans le tableau 2 : a) l'enveloppe horaire insuffisante pour l'exploitation d'un maximum de situations professionnelles favorisant l'acquisition et le développement de compétences en communication professionnelle selon le principe de construction de compétences par amplification, b) la massification de l'effectif qui a réduit les chances de participation de certains étudiants, c) la programmation des cours non équitable, le module devant être réparti de manière à assurer une évolution progressive et soutenue sur les quatre semestres. La concentration des séances sur un ou deux semestres contraint à un rythme

² « afin d'améliorer la qualité et l'efficacité des séances de – la communication en milieu professionnelle-, faites nous part de vos critiques et suggestions d'amélioration ? nous en tiendrons compte ».

accéléralé aux dépins de l'efficacité visée par le MPS, d) les outils inadapalés à la nature des activités prévues dans le cadre de l'enseignement de la communication professionnelle, e) les modes d'évaluation inadapalés pour certains éludiansl.

Il ressort de ces deux lectures, que les tendances positives des appréciations des éludiansl maintiennent globalement la même allure. Les degrés d'appréciation positive se situent entre 70 et 90 % pour les dix dimensions interrogées. Les thèmes à récurrence positive renforcent ces scores ; ceux à récurrence négative suggèrent des actions correctives rappelant ainsi le principe itératif de la boucle de professionnalisation de notre modèle. Il est à signaler, toutefois, que les items à récurrence négative ne figurant pas dans la trame de questionnements de cette élude, constituent un complément qui a enrichi notre analyse. Ils pourraient, également, guider notre réflexion dans l'élaboration de questionnaires pour des travaux de recherche ultérieurs.

CONCLUSION

L'opérationnalisation du Modèle de la Pédagogie Situationnelle a permis de mettre en relief les aspects positifs des situations d'apprentissage/enseignement contextualisés authentiques. Il s'avère, toutefois, prudent de tenir compte des limites de ce modèle pour garantir sa viabilité et sa généralisation.

Les traitements vertical et horizontal nous ont permis une double lecture. D'une part, la visualisation du degré d'appréciation de notre modèle par les éludiansl, a révélé, globalement, des scores positifs quant aux avantages du Modèle de la Pédagogie Situationnelle à travers, notamment, la mise en œuvre de la triade contextualisation-recontextualisation-décontextualisation. D'autre part, ces mêmes résultats confrontés à ceux dégagés de l'analyse de contenu ont montré dans quelle mesure ces réponses se renforcent ou se contredisent. Les thèmes à récurrence négatives pourraient être retenus, comme point de départ, vers d'autres pistes de réflexions en matière d'évaluation, d'utilisation des TICs et de formation des formateurs.

RÉFÉRENCES

- Barbier, J. M., & Durand, M. (2003). L'activité: Un objet intégrateur pour les sciences sociales? *Recherche et Formation*, 42, 99-117.
- Bardin, L. (1991). *L'analyse de contenu*. Paris: PUF.
- Barth, B. M. (2011). *Le savoir en construction*. Paris: Retz.
- Bruner, J. (1998). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris: PUF.
- Chamberland, G., Lavoie, L., & Marquis, D. (1995). *20 formules pédagogiques*. Sainte Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Chamberland, G., & Provost, G. (1996). *Jeu, simulation et jeu de rôle*. Sainte Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Chiadli, A. (2008). La professionnalisation du métier d'enseignant : quelle place accorder à la formation et à la recherche dans le dispositif de leur formation ? La formation des enseignants du supérieur : un cas à méditer. In R.-P. Garry, T. Karsenti, A. Benziane & F. Baudot (Dirs), *Former les enseignants du XXème siècle dans toute la francophonie - Actes du 2ème Colloque International du RIFEFF* (pp. 295-306). France: Presses Universitaires Blaise Pascal, Université de Clermont 2.

- Chiadli, A. (2012). L'expérience pédagogique : point d'entrée et d'ancrage de la professionnalisation du métier d'enseignant du supérieur. In *Actes du 27^e Congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire* (pp. 14-18). Québec: Université du Québec à Trois-Rivières.
- Dumont, H., Istance, D., & Benavides, F. (2010). Comment apprend-on. La recherche au service de la pratique. Paris: Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement, OCDE.
- Elmechrafi, N., & Chiadli, A. (2012). Pédagogie situationnelle et développement des compétences professionnelles. *Skholê*, 17, 131-137.
- Elmechrafi, N., & Chiadli, A., (2014). Communication en entreprise : construction et transfert des compétences selon une pédagogie situationnelle. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 1(2), 83-95.
- Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. Montréal: Guérin.
- Le Boterf, G. (1999). *L'ingénierie des compétences*. Paris: Éditions d'Organisation.
- Le Boterf, G. (2000). *Construire les compétences individuelles et collectives*. Paris: Éditions d'Organisation.
- Le Boterf, G. (2008). *Repenser la compétence pour dépasser les idées reçues: 15 propositions*. Paris: Éditions d'Organisation.
- Mayen, P. (2004). Le couple situation-activité, sa mise en œuvre dans l'analyse du travail en didactique professionnelle. In J.-F. Marcel & P. Rayou (dir.), *Recherches Contextualisées en Éducation*, 6, 13-27.
- Meirieu, P., Develay, M., Durand, C. T., & Mariani, Y. (1996). *Le concept de transfert de connaissance en formation initiale et continue*. Lyon: CRDP.
- Parmentier, P., & Paquay, L. (2002). En quoi les situations d'enseignement/apprentissage favorisent-elles le développement de compétences ? Vers un outil d'analyse : le CompAS. Retrieved from <http://www.grifed.ucl.ac.be/CompAS-V3-vd.pdf>.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 138, 9-17.
- Proust, F., & Boutros, F. (2007). *Jeux de rôle pour les formateurs*. Paris: Éditions Eyrolles.
- Perrenoud, P. (1995). Enseigner des savoirs ou développer des compétences: l'école entre deux paradigmes. In A. Bentolila (dir.), *Savoirs et savoir-faire* (pp. 73-88). Paris: Nathan.
- Perrenoud, P. (1996). *Enseigner : agir dans l'urgence, décider dans l'incertitude. Savoirs et compétences dans un métier complexe*. Paris: ESF.
- Perrenoud, P. (1997). *Construire des Compétences dès l'École*. Paris: ESF.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences. *Revue des Sciences de l'Éducation*, XXIV(3), 487-514.
- Perrenoud, P. (2000). D'une métaphore l'autre : transférer ou mobiliser ses connaissances ? In J. Dolz & E. Ollagnier (dir.), *L'énigme de la compétence en éducation* (pp. 45-60). Bruxelles: De Boeck.
- Presseau, A., & Frenay, M. (2004). *Le transfert des apprentissages : comprendre pour mieux intervenir*. Québec: Presses Université Laval.
- Samurçay, R., & Pastré, P. (1995) La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences, *Education Permanente*, 123-2, 13-31.
- Tardif, J. (1999). *Le transfert des apprentissages*. Montréal: Éditions Logiques.

Tardif, J. (1996). Le transfert de compétences analysé à travers la formation de professionnels. In P. Meirieu, M. Develay, C. T. Durand & Y. Mariani (Éds), *Le concept de transfert de connaissance en formation initiale et continue* (pp. 31-46). Lyon: CRDP.

Tisseyre, R. C. (1999). *Knowledge management: théorie et pratique de la gestion des connaissances*. Paris: Hermès Science Publications.

Vygotsky, S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Zarifian, P. (2001). *Le modèle de la compétence*. Paris: Éditions Liaisons.

Apprendre avec l'imprimante 3D : pour une meilleure efficacité de l'activité de conception créative d'objets

YAKHOUB NDIAYE, JEAN-FRANCOIS HEROLD, PATRICE LAISNEY

Aix-Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
yakhoub.ndiaye@etu.univ-amu.fr
jean-francois.herold@univ-amu.fr
patrice.laisney@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Depuis la réforme du lycée en 2010, peu de recherches ont été effectuées en France sur l'impact des procédés de prototypage rapide sur l'apprentissage des élèves en enseignement technologique. Avec l'évolution des technologies de fabrication numériques, nous posons la question de l'apport de l'imprimante 3D dans le dispositif enseignement-apprentissage. Nous faisons l'hypothèse que leur usage par les élèves, leur permet de construire une interprétation plus juste de la tâche prescrite dans le cadre d'une activité de conception. A partir des traces écrites, des intermédiaires graphiques, et de prototypes, produits par les élèves, nous réalisons une analyse de l'activité, permettant de décrire le processus de conception mis en œuvre par les élèves. L'étude pourra éclaircir la façon dont ils comprennent et utilisent l'imprimante 3D ; cette compréhension pouvant contribuer à aider l'enseignant dans son suivi de l'apprentissage

MOTS-CLÉS

Imprimante 3D, conception créative, prototypage rapide, fabrication additive, activité

ABSTRACT

Since the reform of the high school in 2010, few researches are made in France on the impact of rapid prototyping processes on the learning of pupils in technological education. So, with the evolution of the digital manufacturing technologies, we ask the question of the contribution of the 3D printer in classroom. We make the hypothesis that their use by pupils, allows them to build a better interpretation of the task prescribed within the framework of a design activity. From written tracks, graphic intermediaries, and prototypes, produced by pupils, we realize an analysis of activity, allowing the description of the design process operated by pupils. Our study can clear up the way pupils understand and use 3D printer; this understanding can contribute to help the teacher in his follow-up of the learning of pupils.

KEYWORDS

3D printer, creative design, rapid prototyping, additive manufacturing, activity

INTRODUCTION

De manière générale, la didactique des sciences et des technologies a pour objets d'études, entre autres l'étude des artefacts numériques et leurs rôles dans le processus enseignement-apprentissage, aussi bien en contexte scolaire que dans le cadre de la formation des enseignants. Initialement annoncée comme étant la « *nouvelle révolution industrielle* » (Anderson, 2012) numérique, une « *technologie disruptive* » (Christensen, 2013), ou une « *technologie à usage générale* » (Helpman, 1998; Jovanovic & Rousseau, 2005) citées par Rumpala (2013, p. 140), l'impression 3D a reçu plusieurs attributs. La rénovation des enseignements technologiques (MEN, 2010a, 2010b) par la mise en place du baccalauréat STI2D mentionne à maintes reprises le terme « *prototypage rapide* ». Or, peu de recherches ont été effectuées à propos de l'enseignement technologique en France sur l'impact des procédés de prototypage rapide sur l'apprentissage des élèves. C'est dans cette perspective de problématisation de ces technologies de fabrication numériques que se situe cet article. Nous nous intéresserons ici, à la technologie de l'« impression 3D » dans le processus enseignement-apprentissages en STI2D (Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable) au lycée. D'après Dubois, Aoussat et Duchamp (2000), trois éléments essentiels sont souvent notés quand on parle de prototypage rapide : le temps, le coût et la complexité des formes. Cet article a pour enjeu de voir l'apport de cette technologie en STI2D, dans la perspective de favoriser, chez les élèves, la mise en œuvre du processus de conception.

Le prototypage rapide et la fabrication additive

Le prototypage rapide englobe l'ensemble des procédés d'ajout, d'enlèvement et de transformation de la matière (Dolenc et al., 1994; ADIT, 1995; Barlier et al., 1995; Bernard & Taillandier, 1998). Il « *regroupe un ensemble d'outils qui, agencés entre eux, permettent d'aboutir à des objets de représentation intermédiaire de la conception de produits : les modèles numériques (au sens géométrie du modèle), les maquettes, les prototypes et les préséries* » (Dubois, Aoussat & Duchamp, 2000, p. 5). On utilisera le terme « *fabrication additive (FA)* » de l'anglais « *Additive Manufacturing (AM)* » communément appelé « *impression 3D* », pour regrouper les procédés permettant de fabriquer des pièces, par ajout successif de couches de matière, à partir d'un modèle numérique, sans recourir à de l'outillage (AFNOR, 2011). Ainsi par « *additive* », on entend une opposition à la « *fabrication soustractive* » (Guo & Leu, 2013) liée aux principes des méthodes traditionnelles (exemple de l'usinage) qui consistent à enlever de la matière.

Parmi les procédés de la FA, le procédé « *3DP ou impression 3D* » est le plus utilisé en enseignement technologique de par sa simplicité. En effet, il fait parti des catégories du procédé « *Poudre / Solide* » de la classification de Nonnemacher (1993, cité par Dubois, Aoussat & Duchamp, 2000, p. 12). Il repose sur le principe de la projection d'un liant liquide à la surface d'une cuve remplie de poudre. Le processus de création de prototype met en œuvre quatre (4) éléments de base du processus de prototypage rapide d'après Wozny (1997, p. 70) pour passer du modèle numérique à l'artefact physique : (1) *création de données* à travers un logiciel de conception assistée par ordination (CAO) adapté, (2) *format d'échange de données* commun généralement sous le format « STL », format de fichier originel du logiciel de CAO associé au procédé de « STéréoLithographie » créé par l'entreprise américaine 3D Systems (1988), (3) *validité modèle et réparation*, (4) *compensation (rémunération)* et (5) *structures de support (d'assistance)*. C'est ce processus qui est transposé en STI2D, sous une forme plus simplifiée.

Introduction au prototypage rapide en STI2D

Depuis l'avènement de la réforme, les nouveaux programmes STI2D ont intégré le prototypage comme l'un des aspects nécessaires pour concrétiser l'idée au prototype, en complément au processus de conception d'objets techniques à travers d'activités menées souvent à travers des démarches de projets. En effet d'après le bulletin officiel (BO) du 3 mars 2011 « *il s'agit en effet de faire vivre aux élèves, lors des deux années, tout ou partie d'une démarche de réalisation d'un prototype dans le cadre d'une pédagogie de projet* » (MEN, 2011). L'objectif, de ces nouveaux enseignements technologiques, étant de répondre aux principes de l'enseignement technologique à travers, entre autres, des méthodes pédagogiques inductives appliquées à des objets d'étude concrets, comme alternative aux enseignements purement abstraits de la voie générale. Ainsi, les élèves doivent être capables, pour tout ou partie d'un système ou d'une solution technique de concevoir, dimensionner, réaliser un prototype, une maquette, une étude relativement à une solution technique envisagée et de la communiquer. L'enseignement est décrit comme s'appuyant « *sur des études de systèmes qui nécessitent la mise en œuvre d'outils d'analyse, de représentation, de recherche et de validation de modèles ainsi qu'une culture des solutions constructives mises en œuvre* » (*ibid.*). Ainsi, pour passer d'une idée à un prototype, les imprimantes 3D sont parmi les outils de prototypage rapide les plus utilisés en lycée technologique, particulièrement en STI2D dans le cadre des activités de conception d'objets techniques. Dans le cadre de notre travail de recherche, nous faisons l'hypothèse qu'elles peuvent être un outil efficace pour permettre aux élèves de construire une interprétation plus efficace de la tâche prescrite par l'enseignant dans le cadre d'une activité de conception.

ÉLÉMENTS THÉORIQUES

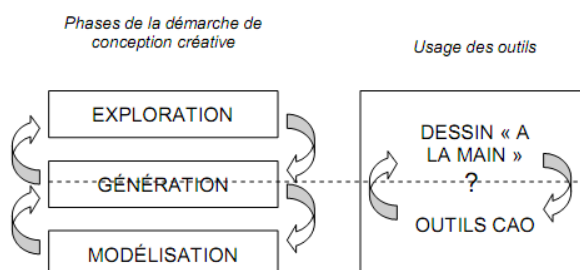
L'activité de conception d'objets techniques en STI2D

Dans une approche pratique en STI2D, la conception est un processus itératif et incrémental complexe. Les élèves travaillent très souvent dans le cadre de projets et répondent à des prescriptions énoncées dans un cahier de charges (CdCF) en validant ou non des solutions (formes, fonctions, résistances) avec les outils de prototypage rapide. Dans l'activité de conception en STI2D, les élèves explorent, analysent des solutions, les modélisent à travers un logiciel de CAO avant de les valider par prototypage. Nous interrogeons l'impact de l'imprimante dans le processus enseignement-apprentissage à travers la modélisation de Laisney (2012) sur les apprentissages d'élèves en éducation technologique au collège (Figure). Sa modélisation s'inspire de celle de Lebahar (1983) de la « *conception créative* » et les travaux de Rabardel & Weill-Fassina (1992) sur les systèmes graphiques. Dans son modèle concevoir revient à mettre en jeu des outils de CAO qui permettent de réaliser des représentations graphiques des solutions envisagées.

En STI2D, l'activité de conception ne porte pas sur la création ex nihilo d'un nouveau produit, déconnecté des réalités des élèves mais plutôt sur un projet d'amélioration d'un produit existant afin de le rendre plus compétitif dans un contexte de développement durable. Selon Visser, elle est « *une activité de construction de représentations* » (2009, p. 70). Elle mobilise des processus complexes, en particulier le processus d'élaboration d'une représentation mentale. Nous considérons l'activité de conception comme une activité de résolution de problèmes mal définis (Simon, 1973; Lebahar, 1983). Certaines recherches (Mayer, 2008), cité par (Hérol, 2012) ont montré que l'interprétation de la situation problème représente l'une des principales difficultés pour les élèves dans leurs activités de résolution de problèmes. En effet, l'obtention du

produit fini, le prototype, passe par plusieurs étapes complexes. Ainsi l'apprentissage passe par la définition d'états intermédiaires (sous-buts) nécessaires pour atteindre les états finaux (buts) (Richard, 1990), et de contraintes explicites et implicites (Chevalier & Cegarra, 2008).

FIGURE



Modèle de la démarche de conception et place des outils CAO (Laisney, 2012)

L'imprimante 3D : un outil de médiation artefactuelle

Les travaux de Rabardel (1995) ont montré qu'il n'était pas possible de comprendre l'activité humaine en dissociant l'homme des outils. Dans cette optique, on pourrait comprendre que les imprimantes 3D ne sont pas que des machines, des objets techniques mais constituent également des moyens techniques, cognitifs et culturels. Les prototypes sont le résultat de plusieurs transformations graphiques et numériques. Ainsi, l'utilisation de l'imprimante 3D impliquerait différents registres, en particulier les registres cognitif et matériel. Les interactions dans le processus de conception permettent de distinguer souvent un ***apprentissage par essais et erreurs***, susceptible de générer des développements cognitifs et de construire des connaissances à travers un processus artefactuel bien défini. Dans ce sens, Ginestié et Tricot (2013) considère que le processus enseignement-apprentissage subit l'articulation entre les activités de l'enseignant à celles des élèves.

ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE

Dans le cas d'apprentissage dit par « résolution de problème », une approche méthodologique pour analyser les apprentissages a été développée en psychologie cognitive : « l'analyse de protocoles individuels ». D'après certains chercheurs (Richard & Poitrenaud, 1988; Clément, 2003; Richard, 2004), elle permet d'inférer des processus cognitifs supposés expliquer la résolution d'une tâche à partir des étapes mentales, non observables, du processus sous-jacent à l'activité. Dans cette recherche, nous choisissons une méthodologie qui s'en inspire. Pour comprendre l'activité de conception, il serait important de voir l'articulation entre la tâche et l'activité. Celle-ci est d'après (Lebahar, 2007; Ginestié, 2009) un excellent analyseur des situations didactiques. Ainsi, « *Comprendre l'activité d'un sujet en cours d'apprentissage repose sur l'élaboration d'une analyse a priori de la tâche qui va lui être confiée (et/ou de la connaissance visée) et d'une analyse a priori de l'activité qu'il va déployer pour la réaliser (et/ou de l'apprentissage qui en découle)* » (Ginestié & Tricot, 2013, p. 13). Ceci étant nous optons pour une triangulation méthodologique qui prend en compte ***l'analyse de la tâche et de l'activité des élèves***, à travers les traces écrites, les intermédiaires graphiques et prototypes pour

voir les effets de l'apprentissage avec l'imprimante 3D, suivi d'un *questionnaire post activité* destinés aux élèves et d'un *entretien* avec l'enseignant pour voir l'impact de l'outil sur la pratique professorale. En effet « *le processus d'apprentissage procède d'une double construction : procédurale – comment le sujet fait cela – et sémiotique – pourquoi il le fait et pourquoi il le fait ainsi* » (ibid., p. 11). Cette configuration méthodologique que nous optons tente de répondre à cette construction.

Procédure expérimentale

Le dispositif que nous proposons cible les élèves au lycée technologique (élèves en Première et Terminale Bac STI2D). Ainsi 39 élèves de 3 classes (2 Première et 1 Terminale STI2D) d'un lycée général technologique à Aix-en-Provence ont participé à une expérience d'observation de l'activité de conception prototypage. Elle a été faite sur 3 séances. *L'analyse de l'activité* des élèves porte sur les intermédiaires graphiques, les traces écrites, et les prototypes produits par les élèves. Pour les 2 classes de première, le dispositif expérimental consistait à créer dans chaque classe des groupes de conception et d'autres de prototypage. Pour la classe de terminale, les observations se sont faites lors de la phase de projet des élèves. Pour des soucis de planification dans leur projet de fin d'année, ces derniers avaient tous la possibilité d'imprimer en 3D. Les observations de l'activité ont été réalisées dans les deux salles de conception du lycée équipé d'une imprimante 3D, d'une découpeuse laser, d'une fraiseuse 4 axes et d'ordinateurs de bureau équipés des logiciels spécifiques à la discipline.

Toutes les observations ont été complétées par un *questionnaire post activités* pour comprendre les effets d'apprentissage dans l'activité de conception prototypage. Ce questionnaire a également été proposé à l'ensemble des élèves de STI2D (Première et Terminale) de ce lycée. En tout 74 élèves ont participé au questionnaire. Pour finir, nous avons tenu un *entretien post avec l'enseignant* pour comprendre son approche du prototypage en classe et l'impact de ce procédé dans l'activité des élèves et dans sa pratique professorale.

RÉSULTATS

Les traces écrites et les fichiers numériques sont les productions des élèves dans les 3 séances. L'ensemble des données est identifié avec le nom et la classe de l'élève et de son groupe pour permettre l'analyse de l'évolution de la recherche de solution d'une séance à l'autre et observer pour chacun les choix d'outils de conception et prototypage effectués et leurs effets. Les outils de conception et prototypage ont permis aux élèves de réaliser des représentations graphiques des solutions envisagées. Des représentations à main levée et des croquis des solutions ont également été obtenues. L'analyse des résultats de ce travail de recherche est en cours. Une analyse des traces écrites, des intermédiaires graphiques, et des prototypes donne les répartitions que nous présentons en annexes. Les trois premiers graphiques traduisent la répartition (en %) des élèves conception-prototypage dont les activités n'évoluent pas (*non*), qui évoluent avant et/ou sans prototypage (*oui avant proto*) et après prototypage (*oui après proto*).

Pour les élèves de Première STI2D, nous constatons une évolution modeste de la tâche à la troisième séance, **25%** des élèves suite à chaque réalisation de prototypes (*annexe i*) contre **5%** d'entre eux qui ne réussissent pas. Les groupes d'élèves en conception seule restent pratiquement en difficulté dans l'activité de conception. **60%** d'entre eux n'évolue pas dans l'activité contre seulement **10%** qui arrivent à évoluer sans prototyper (*annexe ii*).

En terminale (*annexe iii*), nous constatons beaucoup plus de réussite. La validation par prototypage donne **43,75%** des élèves qui avancent dans l'activité les 2 premières séances et **31,25%** la séance 3 arrivent à évoluer après prototypage, contre **25%** qui avancent dans l'activité avant/sans le prototypage et seulement **6,25%** qui ne réussissent pas.

DISCUSSIONS

Les avancées réalisées par les élèves de Première groupe prototypage restent modestes. Ce faible taux d'évolution s'explique en grande partie par le manque de maîtrise de ces élèves de l'ensemble des outils en conception. L'articulation entre la conception et le prototypage dans le processus de création d'objet technique n'est pas assez maîtrisée. De plus, les élèves s'intéressent plus souvent du résultat obtenu que des questions relatives à l'outil lui-même. D'ailleurs, une grande partie d'entre eux (**35,53%**, *annexe v*) pense à une approche d'utilisation dans la conception, de type *impression directe*, qui se focalise davantage sur le prototype obtenu. Cette approche d'impression directe renvoie bien à une répartition d'usage de type *conception-production-validation* pour **39,47%** des élèves (*annexe iv*). Or, en situation de classe, cette approche ne traduit pas la fonction réelle (validation de solutions) de l'imprimante. Etant donné la complexité, voire pour certains la variété des solutions possibles, les groupe en conception peinent à évoluer. Cela s'explique aussi par le fait qu'ils passent plus de temps à concevoir, à remodifier l'objet ou le système technique. Ces élèves, pour la plus part, peinent à qualifier le produit de leur résultat malgré les simulations mécaniques effectuées.

Par contre, en Terminale, l'évolution de l'activité des élèves s'explique en partie à la maîtrise des outils de conception et de prototypage d'une part, du processus de conception et organisationnelle d'autre part. Même si les élèves (Première et Terminale) ne valident pas leurs solutions, le constat qui est fait est que l'obtention des prototypes leur permet de voir les résultats effectués en vrai. Ils peuvent observer les résultats de leur création, en mesurer le comportement (comparer le modèle du prototype) et le fonctionnement sur des pièces « réelles » dans un matériau de résistance suffisante. Ces premiers résultats soutiennent notre hypothèse. Ils permettent de conclure que la validation « physique » de conception ou le passage de la conception numérique au prototypage a induit un effet positif sur l'apprentissage.

CONCLUSION

Le processus de conception prototypage est complexe. C'est un processus itératif et incrémental mis en œuvre à travers des outils numériques adaptés, y compris par l'usage des outils de prototypage par impression 3D. Bien que l'imprimante 3D soit un outil de validation de fonction (**43,42%**, *annexe iv*) pour les élèves, une grande partie d'entre eux (**35,53%**, *annexe v*) ont une approche d'*impression directe* négligeant souvent la simulation de l'impression (prétraitement) susceptible de renseigner sur le prototype à obtenir (temps de réalisation, quantité de matière support, ...). Malgré ces positions, notre hypothèse qui postule que l'usage par les élèves des imprimantes 3D leur permettrait une interprétation plus juste de la tâche prescrite par l'enseignant dans le cadre d'une activité de conception, est soutenue. En attendant l'analyse complète des données, nous verrons à travers le questionnaire post activités des élèves et l'entretien avec l'enseignant, des éléments qui vont ou pas la renforcer. Nous pourrions éventuellement faire un croisement entre ces données. Les spécificités qui caractérisent les élèves, les contraintes liées à

l'apprentissage, les contraintes organisationnelles, sont d'autres éléments à ne pas négliger quant à l'efficacité de certains groupes pendant l'activité.

Cette étude sur l'impact de l'imprimante 3D est en cours. Un entretien post avec l'enseignant est mené pour comprendre son approche du prototypage rapide en classe et l'impact de ce procédé dans l'activité des élèves et dans sa pratique professorale.

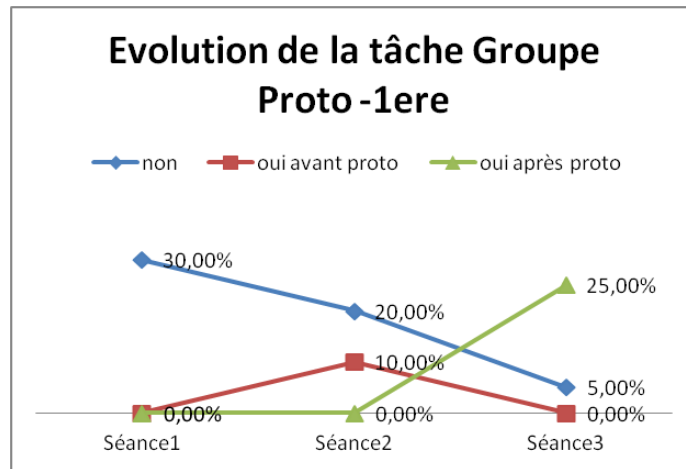
RÉFÉRENCES

- 3D Systems (1988). Stereolithography Interface Specification.
- ADIT - A. pour la D. de l'Information T. (1995). Le Prototypage rapide : pour comprendre et analyser les enjeux. Retrieved from <http://www.adit.fr/>.
- AFNOR (2011). NF E67-001 - Fabrication additive - Vocabulaire. Retrieved from <http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-e67-001/fabrication-additive-vocabulaire/article/788218/fa173165>.
- Anderson, C. (2012). *Makers : La nouvelle révolution industrielle*. Pearson. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=lhESCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=+Makers+++la+nouvelle+r%C3%A9volution+industrielle,+Montreuil,+Pearson,+2012.&ots=GJz-3FbaF5&sig=SoWvG0sgypYdbGSMFskGgG1ETV8>.
- Barlier, C. et al. (1995). *Conception en Mécanique Industrielle. Partie 6: Maîtriser les outils de prototypage rapide*. Malakoff, France: Éditions DUNOD.
- Bernard, A., & Taillandier, G. (1998). *Le prototypage rapide*. Paris: Hermès.
- Chevalier, A., & Cegarra, J. (2008). Une approche psychologique de la notion de contrainte en résolution de problèmes. *Le Travail Humain*, 71(2), 173-198.
- Christensen, C. (2013). *The Innovator's dilemma: when New Technologies cause great firms to fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Clément, E. (2003). L'analyse de l'activité dans les situations de résolution de problèmes. *Psychologie et Psychométrie*, 24(4), 25-36.
- Dolenc, A. et al. (1994). An overview of rapid prototyping technologies in manufacturing. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.106.9496&rep=rep1&type=pdf>.
- Dubois, P., Aoussat, A., & Duchamp, R. (2000). Prototypage rapide, généralités. *Techniques de l'Ingénieur, traité Génie mécanique*, 1-10.
- Ginestié, J. (Ed.) (2009). *The cultural transmission of artefacts, skills and knowledge: eleven studies in technology education in France*. Rotterdam: Sense Publisher.
- Ginestié, J., & Tricot, A. (2013). Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 8, 9-22.
- Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: technology, applications and research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 8(3), 215-243.
- Helpman, E. (1998). General purpose technologies and economic growth. MIT press. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=TSSePifW9Y4C&oi=fnd&pg=PR9&dq=General+purpose+technologies+and+economic+growth&ots=FAYYq4xt3C&sig=T6kIgetioZOHFfCAVlz8MuTbkgM>

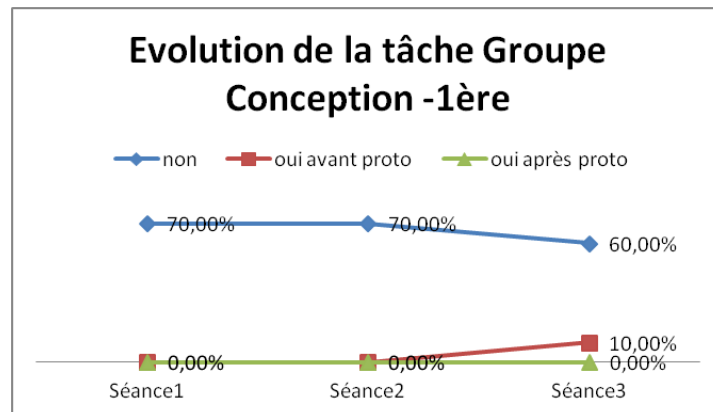
- Héroul, J.-F. (2012). Analyse cognitive de l'activité de l'élève pour une personnalisation d'un environnement numérique d'apprentissage. *Revue STICEF*, 19, 285–307.
- Jovanovic, B., & Rousseau, P. L. (2005). General purpose technologies. In P. Aghion & S. Durlauf (Eds), *Handbook of Economic Growth I* (pp. 1181-1224). Netherlands: Elsevier.
- Laisney, P. (2012). *Intermédiaires graphiques et Conception Assistée par Ordinateur - Étude des processus d'enseignement-apprentissage à l'œuvre en technologie au collège*. Doctoral thesis, Université de Provence - Aix-Marseille I, France.
- Lebahar, J.-C. (1983). *Le dessin d'architecte: simulation graphique et réduction d'incertitude*. Roguevaire, France: Éditions Parenthèses.
- Lebahar, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture. Désir, pertinence, coopération et cognition*. Cachan, France: Lavoisier.
- Mayer, R. E. (2008). *Learning and Instruction*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- MEN (2010a). Bulletin officiel spécial n°6 du 24 juin 2010. Retrieved from <http://www.education.gouv.fr/pid24183/special-n-6-du-24-juin-2010.html>.
- MEN (2010b). Bulletin officiel spécial n° 1 du 4 février 2010. Retrieved from <http://www.education.gouv.fr/pid23791/special-4-fevrier-2010.html>.
- MEN (2011) Enseignements technologiques (transversaux et spécifiques des spécialités architecture et construction, énergies et environnement, innovation technologique et éco-conception, systèmes d'information et numérique) du cycle terminal de la série STI2D. Retrieved from <http://www.education.gouv.fr/cid55415/mene1104262a.html>.
- Nonnenmacher, F. (1993). *La stéréolithographie en question - Rapport sur l'état du prototypage rapide en 1993*. Paris.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Rabardel, P., & Weill-Fassina, A. (1992). Fonctionnalités et compétences: dans la mise en œuvre de systèmes graphiques techniques. *Intellectica*, 15, 215-240.
- Richard, J.-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris: Armand Colin.
- Richard, J.-F. (2004). *Les activités mentales: de l'interprétation de l'information à l'action*. Paris: Armand Colin.
- Richard, J.-F., & Poitrenaud, S. (1988). Problématique de l'analyse des protocoles individuels d'observations comportementales. In P. Caverni (Ed.), *Psychologie Cognitive : Modèles et Méthodes* (pp. 405-426). Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Rumpala, Y. (2013). L'impression tridimensionnelle comme vecteur de reconfiguration politique. Retrieved from <http://www.cairn.info/revue-cites-2013-3-page-139.htm>.
- Simon, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4(3), 181-201.
- Visser, W. (2009). La conception: de la résolution de problèmes à la construction de représentations. *Le Travail Humain*, 72(1), 61-78.
- Wozny, M. J. (1997). CAD and Interfaces. In *Rapid Prototyping in Europe and Japan* (Final Report, Volume 1, pp. 69-90). Rapid Prototyping Association of the Society of Manufacturing Engineers.

ANNEXES

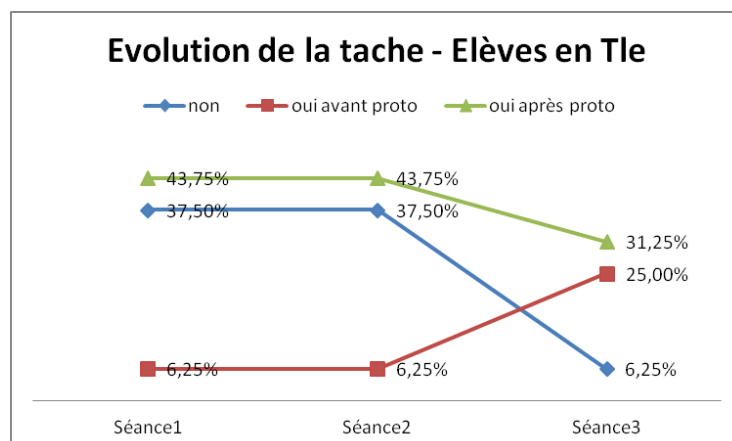
Annexe i : Evolution de la compréhension de la tâche - Elèves de 1ère Groupe Prototypage



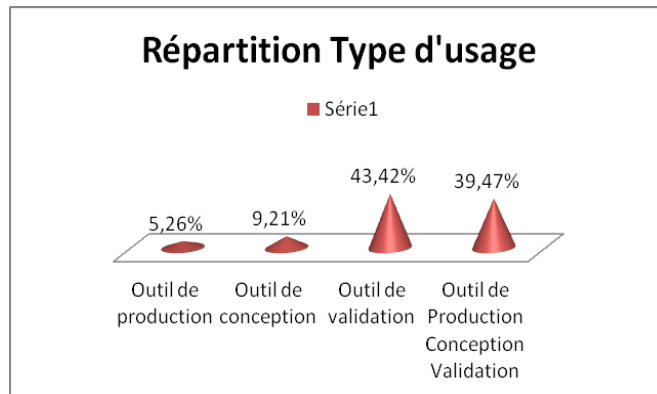
Annexe ii : Evolution de la compréhension de la tâche - Elèves de 1ère STI2D Groupe Conception



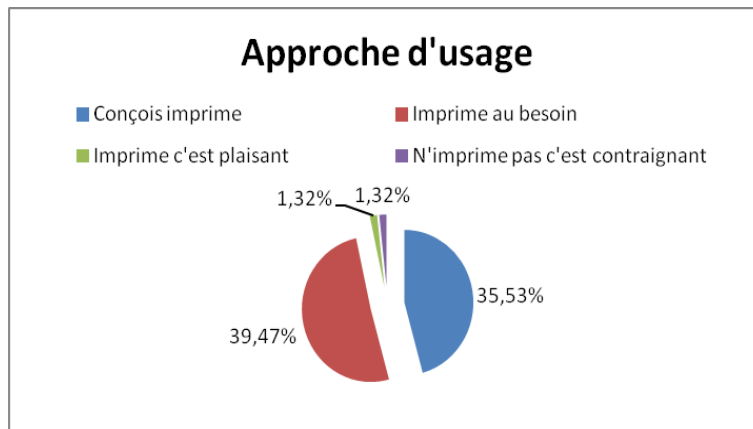
Annexe iii : Evolution de la compréhension de la tâche par les élèves de Tle STI2D



Annexe iv : Répartition du type de l'usage pour les élèves de l'imprimante 3D



Annexe v : Approche de l'usage par les élèves de l'imprimante 3D



Ce que nous apprend l'histoire des sciences à propos du concept de fonction d'onde et impact sur l'enseignement de la physique quantique

MUSTAPHA OLDACHE, CHAMS-EDDINE KHIARI

Laboratoire de Didactique des Sciences
École Normale Supérieure de Kouba, Alger
Algérie
musoldache@gmail.com
chamsydine@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'introduction de la notion de fonction d'onde en mécanique quantique s'est faite de manière progressive, débutant par l'idée originelle d'« onde pilote » introduite par de Broglie et se terminant par l'interprétation de l'École de Copenhague. On revient ici aux sources historiques de ce concept afin de mieux connaître son évolution au cours de l'histoire. On estime que cette démarche permettra de mieux comprendre l'enjeu (ou les enjeux) de l'interprétation de la mécanique quantique. Cette étude a également un objectif didactique dans la mesure où elle permettra de discuter l'opportunité de l'introduction d'un enseignement de l'histoire des sciences dans le cursus universitaire des futurs physiciens, physiciens-ingénieurs et enseignants du cycle secondaire.

MOTS-CLÉS

Histoire des sciences, fonction d'onde, interprétation de la mécanique quantique, épistémologie

ABSTRACT

The introduction of the notion of wave function in quantum mechanics was historically done in a progressive manner, beginning with the original idea of “pilot wave” introduced by de Broglie and finishing with the interpretation of Copenhagen School. One returns here to the historical sources of this concept in order to know better its evolution along history. One believes that this method will allow understanding better the importance of the right interpretation of quantum mechanics. This study has also an educational objective in the sense that it will allow to discuss the opportunity of introducing the teaching of science history in the university programs for the future physicians, engineering physicians and teachers in high schools.

KEYWORDS

Science history, wave function, interpretation of quantum mechanics, epistemology

INTRODUCTION

Plusieurs études en Didactique ont montré que les conceptions erronées des apprenants s'apparentaient en partie aux erreurs commises par les scientifiques au cours de l'histoire. En ce qui concerne la physique quantique, plus particulièrement, certains travaux (Fletcher, 2004; Baily, 2011; Çaliskan, Sezgin Selçuk & Erol, 2012; Pantoja, Moereira & Herscovitz, 2012) ont montré que les conceptions erronées étaient dues parfois au fait que les apprenants avaient tendance à interpréter les phénomènes quantiques sur la base de concepts classiques. On s'intéresse ici à la problématique liée au concept de « fonction d'onde » qui représente une notion clef en physique quantique.

Le concept de fonction d'onde est une notion clef en mécanique quantique. Depuis son introduction par de Broglie (1925), ce concept n'a pas cessé d'évoluer, ce qui a entraîné l'apparition de nombreuses Écoles d'interprétation de la mécanique quantique. Une étude historique s'avère nécessaire pour distinguer les différentes étapes de l'élaboration de la théorie quantique d'une part et pour mieux connaître les divers courants de pensée d'autre part. En effet, les programmes d'enseignement évoquent des notions disparates telles que l'onde pilote, le paquet d'onde et l'amplitude de probabilité. Il n'est pas toujours aisé pour l'apprenant de faire le lien entre ces différentes notions. Renvoyer chacune d'elles à l'époque de son apparition ou au courant de pensée correspondant permettrait de mieux clarifier les choses et de faciliter leur assimilation par l'étudiant.

ÉVOLUTION DU CONCEPT DE « FONCTION D'ONDE »

En conséquence au principe d'incertitude de Heisenberg qui interdit la connaissance simultanée des variables dynamiques conjuguées, les physiciens ont renoncé à décrire l'état d'un système physique dans un cadre spatio-temporel. Selon la mécanique quantique, l'état d'un système physique doit être décrit par une fonction d'onde (ou plus généralement par un vecteur généralisé appelé « *ket* »). Ce vecteur généralisé est un élément d'un espace vectoriel appelé « *espace des états* » ayant la structure d'un espace de Hilbert. Les variables dynamiques, elles, sont représentées par des opérateurs et ce, conformément au principe de correspondance de Bohr. En effet, ce principe stipule qu'à toute variable dynamique doit correspondre un opérateur mathématique possédant certaines propriétés (linéarité, hermiticité...). Selon l'École de Copenhague, la fonction d'onde obéit à la logique suivante (Jammer, 1974) :

- i. Elle n'a pas d'autre signification physique que de représenter une amplitude de probabilité.
- ii. Elle contient toute l'information possible sur l'état du système.
- iii. Sa dynamique est régie par l'équation de Schrödinger.
- iv. Elle subit une transition brusque et acausale lorsqu'on effectue une mesure sur le système physique.

Ces idées entourant le concept de fonction d'onde n'ont pas été émises spontanément mais ont été le fruit des travaux menés par plusieurs physiciens dont, à leur tête, Niels Bohr. On peut distinguer trois époques principales quant à l'évolution des idées relatives à ce thème (d'Abro, 1950) :

- i. L'époque de quantification (1900-1924).
- ii. L'époque ondulatoire (1924-1927).

iii. L'interprétation de Copenhague (1927-1940).

L'époque de la quantification correspond à l'introduction de la notion de quantification de l'énergie par Planck (1901) et celle de photon par Einstein (1905). La quantification a été appliquée avec succès à l'atome d'hydrogène par Bohr et Sommerfeld et a permis d'expliquer de nombreux phénomènes se déroulant aux échelles atomique et nucléaire.

L'époque ondulatoire débute par l'attribution d'une longueur d'onde à toute particule en mouvement (aspect ondulatoire de la matière) par de Broglie et se termine par la découverte d'une « *équation d'onde* » qui n'est autre que l'équation de Schrödinger. Il est intéressant de noter que Schrödinger a commencé par chercher une équation relativiste (dite équation de Klein-Gordon) mais qu'il a dû y renoncer, se contentant d'une équation non relativiste. Ce n'est que plus tard que Dirac a trouvé une équation d'onde relativiste satisfaisante.

L'interprétation de Copenhague est venue couronner l'achèvement de la construction de la mécanique quantique mais il faut souligner que cette interprétation n'est pas la seule possible. En effet, d'autres interprétations ont été avancées très tôt (théorie de la double solution, théorie des variables cachées, etc.). Cependant, avec la tenue du 5^{ème} congrès de Solvay, la plupart des physiciens ont adhéré à l'interprétation de Copenhague. Aujourd'hui, plusieurs Écoles d'interprétation de la mécanique quantique se concurrencent à nouveau, un des enjeux principaux étant la signification de la fonction d'onde.

COURANTS D'INTERPRÉTATION DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

Les faits expérimentaux de la physique moderne (en physique atomique et nucléaire, physique des solides, cristallographie...) ont révélé que la nature présentait un double aspect, l'un corpusculaire et l'autre ondulatoire. Selon le principe de complémentarité de Bohr, ces deux aspects, bien que s'excluant l'un l'autre, sont tous les deux nécessaires pour rendre compte de ces faits expérimentaux. Cependant, on ne peut mettre en évidence dans une expérience donnée que l'un des deux aspects. Par ailleurs, plusieurs considérations ont amené les tenants de l'école de Copenhague à renoncer à attribuer à la fonction d'onde un sens physique et à considérer celle-ci uniquement comme une simple amplitude de probabilité. Plusieurs physiciens, non satisfaits de cette attitude, ont cherché d'autres alternatives (Jammer, 1974) :

- Selon la théorie de la double solution, il existerait deux ondes, l'une réelle, accompagnant et guidant la particule dans son mouvement et l'autre représentant une amplitude de probabilité. Cette théorie, née d'une idée émise par de Broglie, a été développée ultérieurement par Bohm.
- Selon la théorie des variables cachées, la fonction d'onde ne contient pas toute l'information concernant le système. L'ajout de variables cachées peut rétablir le déterminisme en physique. Albert Einstein a été un fervent défenseur de cette thèse.
- Selon une variante de cette théorie, due à Vigier et Bohm, il existerait un milieu sub-quantique jouant le rôle d'un « *thermostat caché* ». Ce milieu exercerait des perturbations aléatoires sur le mouvement de la particule et celle-ci, au lieu de suivre une trajectoire régulière, saute constamment d'une trajectoire à une autre, ce qui justifierait le caractère aléatoire du comportement de la particule.

L'interprétation de Copenhague a suscité des critiques de la part d'éminents physiciens tels que Bohm, Schrödinger et Einstein. En particulier, le problème de la réduction de la fonction d'onde a amené Schrödinger à imaginer en 1935 une expérience de pensée connue sous le nom de « *paradoxe du chat de Schrödinger* » et qui met en évidence, selon son auteur, des lacunes dans l'interprétation de Copenhague. L'expérience consiste à enfermer un chat dans une boîte où on place également un dispositif de mise à mort du chat commandé par des électrons émis par une source radioactive. Selon la mécanique quantique telle qu'interprétée par l'École de Copenhague, l'atome radioactif se trouve à un instant donné dans une superposition d'un état désintégré et d'un état non désintégré. En conséquence, tant que la boîte reste fermée, le chat se trouve, selon cette interprétation, dans une combinaison d'un état « chat mort » et un état « chat vivant ». Ce n'est que lorsqu'on effectue une mesure (i.e. quand quelqu'un ouvre la boîte) que le chat sera soit mort, soit vivant.

De nombreux auteurs ont cherché à résoudre ce paradoxe du chat de Schrödinger en attribuant un rôle décisif à un facteur donné : soit une variable cachée, soit l'appareil de mesure, soit la conscience de l'observateur, soit l'existence de mondes multiples ou encore la décohérence (Paty, 2000) :

- Selon les partisans des théories des variables cachées, l'état final du chat est déterminé par un paramètre qu'on ne connaît pas mais qui détermine l'instant précis où se produit la désintégration de l'atome.
- Selon Mattuck, c'est la conscience de l'observateur qui provoque la réduction de la fonction d'onde mais, dans une variante de cette expérience de pensée, on ajoute dans la boîte une caméra et une horloge. Après une certaine durée, on ouvre la boîte et on trouve le chat mort, par exemple. Or, en visionnant le film, on s'aperçoit que la mort du chat s'est produite bien avant l'ouverture de la boîte. Dans ce cas là, la conscience de l'observateur n'a pu intervenir pour réduire la fonction d'onde. Mais Mattuck et de Beauregard répondirent à cet argument en postulant que l'interaction entre la conscience et la matière est capable de remonter le temps.
- Selon Wigner, la conscience de l'observateur n'est pas la seule en mesure de provoquer la réduction de la fonction d'onde mais celle du chat lui-même est également capable de le faire. Il avança, à l'appui de cette thèse, une expérience de pensée appelée « *l'ami de Wigner* ».
- Selon Everett, il n'y a pas de réduction de la fonction d'onde mais, à chaque mesure, tous les résultats possibles se réalisent chacun dans un univers différent. C'est la thèse des « *multi-univers* » appelée encore thèse des « *mondes parallèles* ».
- Selon une autre École de pensée, initiée par Zeh dans les années 1970 et développée par Omnès, Zurek et Griffiths dans les années 1980, la superposition des états quantiques n'a lieu que pour les objets microscopiques. Pour les objets macroscopiques, les interactions avec le milieu entraînent une décohérence de la fonction d'onde.

Il faut remarquer que les courants de pensée ci-dessus ne sont qu'un échantillon parmi une panoplie d'interprétations qu'il serait fastidieux de citer de manière exhaustive.

DIFFICULTÉS LIÉES À L'ENSEIGNEMENT DU CONCEPT « FONCTION D'ONDE »

Les travaux cités ci-haut ont montré que dans l'enseignement-apprentissage de la physique quantique, les apprenants avaient tendance généralement à interpréter les phénomènes quantiques en se basant sur des paradigmes classiques. Ils ont beaucoup de difficultés, en particulier, à utiliser le concept de fonction d'onde pour expliquer les phénomènes quantiques, alors que c'est là un concept-clé dans ce domaine. Nous avons mené, pour notre part, une étude de terrain afin de cerner les difficultés et conceptions erronées des apprenants liées à ce concept. Cette étude a été menée sur des étudiants de troisième année de licence de l'École Normale Supérieure d'Alger ayant suivi un cours de physique quantique. L'échantillon comportait 81 étudiants dont 62% de filles et 38% de garçons et la tranche d'âge était comprise entre 20 et 24 ans. Ces étudiants étaient tous volontaires afin de ne pas forcer ceux d'entre eux qui ne désiraient pas répondre au questionnaire.

L'étude part des questionnements suivants :

- Les apprenants utilisent-ils correctement le concept de fonction d'onde ?
- Les raisonnements des apprenants se basent-ils sur la physique classique ou la physique quantique ?
- Le mode de raisonnement des apprenants s'apparente-t-il à une épistémologie réaliste, à une épistémologie positiviste ou à une autre épistémologie ?

L'étude a été menée au moyen d'un questionnaire semi-ouvert (voir annexe) comportant dix questions qui portaient sur des notions liées au concept de fonction d'onde (telles que la quantification des grandeurs physiques, la superposition des états physiques, le principe d'incertitude...). Le questionnaire a été élaboré par nos soins mais certains items ressemblent à ceux de questionnaires utilisés dans des études antérieures. La passation du questionnaire s'est faite en classe après un cours de chimie mais seuls des étudiants volontaires ont participé. La supervision a été assurée par un autre enseignant que celui qui enseigne la mécanique quantique et ce, afin d'éviter toute influence sur les étudiants questionnés. Les résultats de notre étude ont été comparés à ceux obtenus dans des travaux antérieurs et concernant des apprenants américains (Baily, 2011), turcs (Çaliskan, Sezgin Selçuk & Erol, 2009) et brésiliens (Pantoja, Moereira & Herscovitz, 2012). Ces résultats peuvent être synthétisés comme suit.

Seuls 20% des étudiants questionnés estiment que le principe d'indétermination est une propriété fondamentale de la nature. Les compléments de réponses formulés par les étudiants montrent que ceux-ci interprètent le principe d'indétermination (ou d'incertitude) en se basant exclusivement sur l'aspect corpusculaire de la matière alors qu'en fait ce principe relève de l'aspect ondulatoire. En ce qui concerne les travaux de Baily, une des questions du test utilisé portait sur la localisation de l'électron au sein de l'atome : est-ce que l'électron est bien localisé ou non ? La majorité des étudiants américains ont répondu que l'électron était bien localisé (« *il se trouve à une position précise à un instant donné* ») mais que cette position est inconnue. Ce résultat qui relève d'une épistémologie réaliste concorde avec les résultats obtenus avec les étudiants algériens.

38% des étudiants pensent que la quantification de l'énergie est « *une propriété intrinsèque de la nature* ». Dans le travail de l'équipe de Pantoja, le test utilisé ne comportait pas de question sur la quantification de l'énergie proprement dite mais un item du test portait sur l'expérience de Stern et Gerlach. Or cette expérience est liée à la quantification du spin. La majorité des étudiants brésiliens ont répondu que « *le faisceau se divise toujours en deux* ».

faisceaux d'égal intensité ». Cette réponse implique que le spin est une variable dynamique quantifiée. Les résultats de l'équipe de Pantoja concordent avec ceux obtenus avec les étudiants algériens.

85% des étudiants estiment que l'onde attribuée par de Broglie à toute particule en mouvement est une vraie onde physique. L'École de Copenhague enseigne, par contre, que c'est une entité mathématique sans signification physique. Selon les résultats obtenus par l'équipe de Çaliskan, les étudiants ont exprimé leur désaccord avec le fait que « *l'électron se comporte toujours comme une particule* ». On peut dire que les représentations des étudiants algériens vis-à-vis de ce thème relèvent d'une épistémologie réaliste tandis que celles des étudiants turcs sont apparentées à une épistémologie positiviste.

71% pensent que, dans l'expérience d'interférence des électrons par un mécanisme de trous d'Young, « *chaque électron passe forcément par un trou donné* ». La physique quantique enseigne, par contre, que ce phénomène relève de l'aspect ondulatoire de la matière et qu'il ne peut être expliqué par l'aspect corpusculaire. Selon les travaux de Baily, les représentations des étudiants américains relèvent d'une épistémologie réaliste. En effet, à une question portant sur l'expérience des doubles fentes, la majorité des étudiants ont donné des réponses laissant entendre que la fonction d'onde est une onde de matière. Cela montre que les résultats obtenus avec les étudiants algériens concordent bien avec ceux obtenus avec leurs collègues américains.

On peut tirer de ces résultats les conclusions suivantes en ce qui concerne les étudiants algériens questionnés :

- Le principe d'indétermination est interprété en termes d'incertitudes qui seraient dues aux instruments de mesure.
- En ce qui concerne la quantification, il n'est pas clair pour les apprenants questionnés si c'est une propriété de la nature ou si elle représente une limitation des appareils de mesure.
- La dualité onde-corpuscule est admise par les étudiants mais ils sont incapables de l'utiliser convenablement pour interpréter les phénomènes.
- Enfin, l'aspect aléatoire de la physique quantique est perçu comme un probabilisme classique, c'est-à-dire dû à un manque d'information et non à un probabilisme intrinsèque à la nature.

Les réponses des apprenants questionnés, en ce qui concerne la plupart des questions, relèvent de représentations classiques et empiristes, à l'exception des questions sur la quantification et le photon qui relèvent d'une représentation positiviste. Les résultats obtenus avec les étudiants algériens concordent en bonne partie avec ceux obtenus avec les étudiants américains qui semblent imprégnés d'une épistémologie réaliste et empiriste. Un écart notable existe, par contre, entre les réponses des étudiants algériens et celles des étudiants brésiliens, puisque les premières révèlent des conceptions basées sur l'empirisme et le réalisme alors que les secondes relèvent d'une conception franchement positiviste. Cet écart s'explique par les approches très différentes des systèmes d'éducation en vigueur dans les deux pays respectifs. En effet, l'École algérienne a une tradition d'enseignement basée sur l'observation, l'expérimentation et l'induction tandis que l'École brésilienne, comme l'a expliqué Braga, a une tradition basée sur une approche positiviste. En ce qui concerne les étudiants turcs, leurs représentations semblent relever d'une épistémologie hybride qui serait un mélange de réalisme et de positivisme. Les résultats obtenus avec ces derniers se sont révélés en accord partiel avec ceux des étudiants algériens. Enfin, ces résultats illustrent le fait que les conceptions erronées des apprenants relatives à la physique quantique

sont dues en bonne partie à des difficultés de compréhension des notions de base telle que la quantification, le principe d'indétermination, la superposition des états, la dualité onde-corpuscule... Une étude préliminaire (Ladj, Oldache & Khiari, 2010) a montré que l'inclusion d'éléments d'épistémologie dans l'enseignement de la physique quantique au niveau universitaire permettrait de réduire le taux des conceptions erronées de manière significative dans ce domaine. D'autres études sont cependant nécessaires afin de confirmer cette assertion.

CONCLUSION

Un retour aux origines historiques de la mécanique quantique est susceptible de mieux nous faire comprendre le débat épistémologique entourant cette théorie à l'heure actuelle. Il peut nous aider également à améliorer notre enseignement de cette matière en ramenant chaque concept à l'époque où il a été formulé ou à l'École de pensée correspondante. L'interprétation de la mécanique quantique et, en particulier, la signification de la fonction d'onde restent des questions ouvertes puisqu'à l'heure actuelle de nombreuses interprétations se concurrencent. Les travaux menés jusqu'ici semblent toutefois mettre en évidence plusieurs avancées conceptuelles telles que : la non localité, le rôle de la conscience, la décohérence quantique, les processus relationnels, etc. En plus de leur intérêt théorique (voire philosophique), ces travaux ouvrent des perspectives technologiques inédites telles que l'information quantique, la cryptographie quantique, la téléportation, l'ordinateur quantique... Enfin, l'intérêt de l'introduction de l'aspect historique dans l'enseignement des concepts de la physique de façon générale a été souligné par plusieurs auteurs (Audigier & Fillon, 1991; Merle, 2005; Lounis, 2012). Il en est de même pour le concept de fonction d'onde en physique quantique (Oldache & Khiari, 2007, 2010, 2015). Les résultats de l'étude empirique présente renforce encore plus l'opportunité de l'utilisation de l'épistémologie et l'histoire des sciences dans l'enseignement de la physique quantique à l'université.

RÉFÉRENCES

- Abro, A. d' (1950). *The evolution of scientific thought from Newton to Einstein*. New York: Dover Publications Inc.
- Audigier, F., & Fillon, P. (1991). *Enseigner l'Histoire des sciences et des techniques*. Paris: INRP.
- Baily, C. R. (2011). *Perspectives in Quantum Physics: Epistemological, Ontological and Pedagogical, an investigation into student and expert perspectives on the physical interpretation of quantum mechanics, with implications for modern physics instruction*. PhD thesis, University of Colorado at Boulder, Department of Physics, USA.
- Broglie, L. de (1925). Recherches sur la théorie des quanta. *Annales de Physique*, 3, 22-128.
- Çaliskan, S., Sezgin Selçuk, G., & Erol, M. (2009). Student understanding of some Quantum Physical concepts. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 3, 202-205.
- Einstein, A. (1905). Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. (Trad. : Un point de vue heuristique concernant la conception et la transformation de la lumière). *Annalen der Physik*, 17, 132-148.

- Fletcher, P. R. (2004). *How tertiary level Physics students learn and conceptualise Quantum Mechanics*. PhD Thesis, School of Physics, University of Sydney, Australia.
- Jammer, M. (1974). *The Philosophy of Quantum Mechanics: the interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspective*. New York: Wiley.
- Ladj, R., Oldache, M., Khiari, C.E., & Belarbi, T. (2010). On students' misunderstanding of the basic concepts of Quantum Mechanics: the case of Algerian Universities. *Latin American Journal of Physics Education*, 4(2), 286-293.
- Lounis, A. (2012). *Culture scientifique et difficultés d'étudiants en physique : éclairage de l'histoire des sciences*. Paper presented at Congrès International de Pédagogie Universitaire AIPU 2012, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada.
- Merle, H. (2005). Histoire des sciences et sphéricité de la Terre : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 22, 115-135.
- Oldache, M. & Khiari C. E. (2007). Concepts et principes de base en mécanique quantique. *Revue Algérienne de Physique*, 2, 29-43.
- Oldache, M., & Khiari, C. E. (2010). Problèmes didactiques liés à l'enseignement de la physique moderne à l'université. *Revue Africaine de Didactique des Sciences et des Mathématiques*, 5, <http://www.radisma.info/document.php?id=916>. ISSN 1990-3219.
- Oldache, M. & Khiari, C. E. (2015). Représentations d'apprenants relatives aux concepts quantiques. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 2(1), 184-197.
- Pantoja, C. C., Moereira, M. A., & Herscovitz, V. E. (2012). Implementation of a didactic proposal on fundamental concepts of quantum mechanics with students of a professional master's degree in physics teaching. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 6(4), 519-529.
- Paty, M. (2000). On the problem of hidden variables in quantum mechanics. *Revue Internationale de Philosophie*, 212(2), 199-242.
- Planck, M. (1901). Ueber das Gesets der Energieverteilung in Normalspectrum (Trad. : Sur la théorie de la loi de la distribution d'énergie du spectre normal). *Verh. De Deutsh. Physik Gesellscaff*, 4, 553-558.

ANNEXE

QUESTIONNAIRE RELATIF AUX CONCEPTS DE LA MECANIQUE QUANTIQUE

Note : ce questionnaire n'est pas un examen (n'écrivez pas votre nom sur la feuille) mais un moyen d'évaluation de l'enseignement du cours de mécanique quantique (vos réponses peuvent contribuer à améliorer cet enseignement). Veuillez répondre aux questions en mettant une croix devant la réponse choisie. Si vous avez un doute, vous pouvez choisir la réponse « pas d'idée précise ». Vous avez également la possibilité d'apporter des précisions complémentaires pour votre réponse à chaque question. Merci pour votre participation.

Question 1 :

La quantification de l'énergie est selon vous :

- Une réalité imposée par les données expérimentales
- Une astuce artificielle pour établir la loi de rayonnement du corps noir
- Une hypothèse théorique sans preuve expérimentale
- Pas d'idée précise

Question 2 :

La quantification du moment cinétique représente :

- Une hypothèse théorique sans preuve expérimentale
- Une astuce artificielle pour retrouver les spectres des atomes
- Une réalité imposée par les données expérimentales
- Pas d'idée précise

Question 3 :

D'après vous, que représente la fonction d'onde ?

- Une vraie onde physique
- Une fonction liée à la distribution de charge de l'électron au sein de l'atome
- Un artifice mathématique pour décrire le mouvement de la particule
- Pas d'idée précise

Question 4 :

Le mouvement d'une particule libre est décrit par :

- Une onde plane monochromatique
- Un paquet d'onde
- Parfois une onde monochromatique et parfois un paquet d'onde
- Pas d'idée précise

Question 5 :

D'après le principe d'incertitude de Heisenberg,

- Il est possible de déterminer à la fois la position et l'impulsion d'une particule
- Impossible de les déterminer simultanément
- Possible de le faire à condition de connaître les variables cachées
- Pas d'idée précise

Question 6 :

Le principe d'incertitude est relié à :

- L'aspect ondulatoire
- L'aspect corpusculaire
- Parfois à l'aspect ondulatoire et parfois à l'aspect corpusculaire
- Pas d'idée précise

Question 7 :

D'après le principe de superposition, la particule se trouve généralement, avant la mesure, dans :

- Un état bien défini
- Une superposition d'états
- Aucun état
- Pas d'idée précise

Question 8 :

D'après le même principe, la particule se trouve, après une mesure, dans :

- Un état bien défini
- Une superposition d'états
- Aucun état
- Pas d'idée précise

Question 9 :

Selon le principe de complémentarité, l'aspect ondulatoire et l'aspect corpusculaire :

- Peuvent se manifester simultanément lors d'une même expérience
- La mise en évidence de l'un exclut celle de l'autre
- N'ont aucune relation l'un avec l'autre
- Pas d'idée précise

Question 10 :

Toujours selon ce principe, l'électron se comporte :

- Comme une onde et comme une particule simultanément
- Parfois comme une onde et parfois comme une particule
- Ni comme une onde ni comme une particule
- Pas d'idée précise

Changing semiotic modes indicates the introduction of new elements in children's reasoning: the case of earthquakes

MARIA-ELENI CHACHLIOUTAKI¹, PANAGIOTIS PANTIDOS¹,
MARIA KAMPEZA²

¹*School of Early Childhood Education
Aristotle University of Thessaloniki
Greece
m.xaxlioutaki@gmail.com
ppantidos@nured.auth.gr*

²*Department of Educational Sciences and
Early Childhood Education
University of Patras
Greece
kampeza@upatras.gr*

ABSTRACT

Analyzing individual, semi-structured interviews of 41 preschoolers (age 4-6) in a pre-posttest research design, an attempt was made to investigate whether the change in the use of children's semiotic modes indicates the introduction of new elements to their thinking. For many children changing in semiotic modes indicates enhancement in their reasoning. Furthermore, in many cases the modalities regarding human body and drawing are more meaningful compared to children's speech.

KEYWORDS

Reasoning, semiotic modes, multimodal approach, physics teaching

RÉSUMÉ

Cette recherche se base sur des entretiens individuels, semi-structurés de 41 enfants' âgés de 4 à 6 ans. Un pré et post test ont été utilisés pour déterminer si le changement dans l'utilisation des modes sémiotiques des élèves indique l'introduction de nouveaux éléments dans leur raisonnement. Il a été montré que chez plusieurs enfants, les changements dans les voies d'expression soulignent aussi des changements dans leur raisonnement. En outre, dans plusieurs cas, l'expression corporelle et leurs dessins sont plus significatifs sur le plan conceptuel que lorsqu'ils passent par la formulation orale.

MOTS-CLÉS

Raisonnement, modes sémiotiques, approche multimodale, l'enseignement de la physique

THEORETICAL FRAMEWORK

Meaning making can be perceived as a multimodal process in which many semiotic modes are involved in. As far as the contribution of human body in children's reasoning is concerned Hadzigeorgiou, Anastasiou, Konsolas and Prevezanou (2009) claim that the human body not

only clarifies what is being uttered, but very often it totally serves in the construction of meaning. Givry and Tiberghien (2012) argue that the absence of gestures could be an obstacle to understanding speech. Respectively, research by Ping and Goldin-Meadow (2008) has shown that, when material objects are absent from the physical space, then the iconic gestures emerged by the students cooperate with the mental images of the objects. Furthermore, in other cases, gestures play the role of interface, jointing speech and material entities of the learning environment. For the material objects, Papert (1991, p. 4) considers them as “objects to think with”, whilst Pozzer-Ardenghi and Roth (2005) studying the role of photographs in teaching science concepts, emphasize on teachers’ and students’ “placement” of deictic and iconic gestures as interpretative filters over them. Generally, the use of inscriptions such as drawings, tables, equations and photographs encourage learning (Tytler, Prain & Peterson, 2007; Abrahamson, 2009; Hubber, Tytler & Haslam, 2010). Especially for drawings a number of researchers realize their prominent role in signification of science concepts recognizing their communicative power (Einarsdottir, Dockett & Perry, 2009). Exploring students’ thinking, researchers should pay attention to the explaining process and not solely to the morphological elements of the drawing. Actually the way in which students explain their own drawings constitutes a constructive process of thinking in action (Cox, 2005; Einarsdottir, Dickett & Perry, 2009). However, in several cases depiction per se, can give information on students’ conceptions (Chang, 2012).

Regarding students’ ideas about earthquakes children (age 6-12/ 1st-6th grade) have difficulty to focus on the spatial frame the phenomenon occurs and their alternative representations lie on the interior of the earth and on the entities which cause it (Ioannidou, 2001; Ross & Shuell, 1990; Kırıkkaya, Çakın, Imali, & Bozkurt, 2011). Furthermore, children seem to have difficulties due to the scientific terms associated with the phenomenon, while there are many cases where they confuse the earthquakes with the volcanoes or adopt in their ideas indigenous cultural worldviews (Ross & Shuell, 1993; Tsai, 2001). All these aforementioned researches have studied students’ oral responses rather than the rest of semiotic systems of making sense. However, Singer, Radinsky & Goldman (2008) investigated 6th grade students’ reasoning on tectonic plates and their movement in terms of the gestures the students use, either individually or in the context of their working group. It was shown that the gestures emerged earlier in time than speech. Actually, since the gestures start appear together with the speech this combination enables a deeper understanding of the specific concepts. In the current paper an attempt is made to study how the interplay of speech, drawing and gestures serve in preschooler’s reasoning about earthquakes.

The aim of this study is to investigate whether the new modalities used by children to explain aspects of the earthquakes generating phenomenon, add new aspects to their reasoning. The research question is formulated as follows: How does the change in students’ multimodal structures indicate evolution in their reasoning?

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Research design

A pre- post-test research design was adopted. Similar tasks were realized a week before and a week after a properly designed teaching intervention. The teaching intervention between the two tests lasted 3 days and consisted of ten activities, relevant to the earthquakes phenomenon, its generating mechanism and means of protection we use. Data was collected through individual semi-structured interviews, in two pre-school classes (41 children/ 14 children age 4-5 and 27 children age 5-6) from the wider region of Patras, Greece. The interviews consisted of two tasks: a) questions about the mechanism that generates

earthquakes (speech context) and b) drawing and discussions that provided explanations on it (drawing context). Both tasks were videotaped. Children’s speech was analyzed as well as the gestures they used in the speech context. The drawings were also analyzed, along with speech and gestures the children used in their attempt to explain them.

Coding

Coding concerned modalities of speech, body and drawing and took place in four phases: a) transcription of oral material in written text, b) video watching and indicating every gesture where it appears, c) codification of spatial modalities used by children in their drawings, and d) indicating the structures appearing as combination of the above. First, two researchers conducted the coding separately. Meetings between the two researchers were followed until a common agreement to be established (Givry & Roth, 2006).

Tables 1, 2 and 3 present the modalities that the children activated in every semiotic system to describe the cause of earthquake. These modalities refer to three general categories: movement, entity which is the cause of the phenomenon, and the area where the earthquake occurs. The dg_i and ig_i indicators refer to the deictic and iconic gestures respectively. In Table 3 the d_i data enclose the various parts of children’s drawings which constitute points of interest.

TABLE 1
Modalities of speech (s_i)

<i>Semiotic mode</i>	<i>Referent</i>	<i>Modalities</i>
<i>Speech (s)</i>	movement	s_1 : (they) move/shake/fall, s_2 : (they) unite / get close/collide, s_6 : (they) rub against one another, s_7 : (they) immerse
	causal entity	s_0 : planets/space, s_3 : stones/plates, s_8 : from the core, s_9 : creature of imagination - monster/Enceladus, s_{10} : seismologist/machinery, s_{11} : lava, magma
	spatial framework	s_4 : under the earth/under the sea, s_{12} : somewhere outside the earth

TABLE 2
Modalities of body expression (dg_i , ig_i)

<i>Semiotic mode</i>	<i>Referent</i>	<i>Modalities</i>
<i>Body expression (b)</i>	movement	ig_3 : repeated movement of marker/hand back and forth over the sketch (stones/earthquakes), ig_6 : move a hand back and forth over the sketch, ig_9 : vibrating motion with both hands, ig_{10} : representation with the index finger/hand/marker the collision of two planets on the sketch, ig_{12} : repetitive back and forth movement of one hand with closed palm, ig_{13} : repetitive movement of the two fingers coming together and apart over the sketch, dg_2 : shows the arrows that has painted to demonstrate the movement of magma
	causal entity	ig_4 : fast movement representing two plates with spread out hands (fingers inward), ig_{11} : imaging of two virtual spherical objects ("plates")
	movement and	ig_1 : repetitive back and forth movement with closed or open palms, ig_2 : collision movement with spread out or closed palms, ig_5 :

	causal entity	<i>moving one hand from right to left with stretched out palm, ig₈: rubbing movement with both palms spread out, ig₁₄: plates rubbing movement imaging with both hands spread out, one over the other, ig₁₅: plates rubbing movement imaging using both palms, spread out one over the other, ig₁₈: sinking movement of two plates with joined palms in 90° angle shape</i>
	spatial framework	

TABLE 3
Modalities of drawing (d_i)

<i>Semiotic mode</i>	<i>Referent</i>	<i>Modalities</i>
<i>Drawing (d)</i>	movement	<i>d₉: it depicts movement with a continuous zigzag line, d₂₀: two arrows depicting right and left movement</i>
	causal entity	<i>d₁: spherical plates, d₃: two horizontal lines (tectonic plates), d₄: many spherical stones beneath the soil, d₁₁: two united plates, d₁₂: collision of two planets, d₁₃: tectonic plates as horizontal line d₁₇: fictional creature/Enceladus beneath the Earth as the cause of the earthquake, d₁₉: magma being shaken "right-left" and shown with arrows</i>
	spatial framework	<i>d₂: house positioned on stones, d₈: the soil and subsoil, d₁₀: it depicts the soil and the subsoil by adding more elements (tectonic plates, magma), d₁₄: the planet Earth/Earth bark, d₁₅: a house that has been damaged by the earthquake, d₁₆: the sea showing that the stones are inside or underneath it, d₁₈: the plates/rocks beneath planet Earth</i>

The interplay among oral, bodily and spatial modalities was also codified. Table 4 presents these structures used by the children in both tests.

TABLE 4
Children’s syntactic/multimodal structures that appeared in pre and posttest

<i>Speech context</i>	<i>Drawing context</i>
<i>s_i</i>	<i>d_i</i>
<i>s_i(ig_i)</i>	<i>d_i(s_i)</i>
<i>[(s_i)ig_i, (s_i)ig_i]</i>	<i>d_i(s_i, ig_i)</i>
<i>[s_i, s_i(ig_i)]</i>	

The brackets [] signify a grammatical sentence which may include one or more clauses.

Single items such as ig_i or s_i (e.g., ig₉: vibrating motion with both hands, or s₃: plates) were the simplest structures that appeared. More complex syntactic structures were constructed by means of interplayed modalities activated in different semiotic systems. Thus, two different, in terms of semiotic system, modalities can co-operate creating for example the d_i(s_i) element or the synergy of d_i(ig_i,s_i). In the first case the child explains orally (s_i) his/her drawing (d_i), while in the second case another child constructs his/her drawing explanation in terms of oral

plus gestural signs. In Table 4 the multimodal structure [(s_i)ig_i, (s_i)ig_i] refers to a grammatical sentence consisting of two clauses. The part (s_i)ig_i which stands for each clause, is composed by an iconic gesture appearing together with the child's utterance.

Data analysis

1st level of analysis: change in modalities

Change in modalities is defined as any change that occurs in the post test compared to the pretest and has to do with the emergence of new signifiers in speech (s_i), body expression (ig_i, dg_i) and drawing elements (d_i). These developments can either have the form of a single component (e.g., ig₁₈: sinking movement of two plates with joined palms in 90° angle shape) first appearing in the post test, or the form of a more complex structure (e.g., d₄ (s₁, s₄, ig₆)), within which old and new elements may appear together.

2nd level of analysis: change in reasoning

It was studied whether the change in modalities from the pre- to posttest denotes also change in children's reasoning. In this case was used the criterion of the most coherent reasoning. A more complete thinking was noted when, during posttest, the children introduced new entities and/or formed new links between these entities, compared to the pretest regarding the earthquake generating mechanism. For example, the subject B16 in the pretest uses the vague component s₁₀ (seismologist/machinery) to signify the phenomenon of earthquakes. In the posttest he/she develops the more complex structure [s₁, s₃, s₂(ig₂)] signifying the referents [s₁: moving, s₃: plates, s₂(ig₂): collide (collision movement with spread out palms)] respectively. These semiotic elements interweave a more complete reasoning since they introduce new entities and construct links among them.

RESULTS

None of the 14 younger children (age 4-5) managed to change his/her modalities from pre to posttest. However, fourteen elder children, age 5-6, out of 27 showed an evolution in modalities comparing to the pretest. Table 5 presents only the children who improved the range of the modalities they used, either in the speech context or/and in the drawing context. The symbols in bold indicate the new elements integrated for the first time in the posttest by the children in their effort to conceptualize the phenomenon of earthquakes. The rest of the modalities with the regular form in Table 5 had appeared for the first time in pretest and they still remain active in posttest.

TABLE 5

Change in the 14 children's modalities from pre to posttest

Change in modalities		
Subjects	Speech context	Drawing context
B2	s ₃ (ig ₄)	d ₃ (ig ₅ , s ₂)
B3		d ₄ (s ₁ , s ₄ , ig ₆)
B7		d ₁₀ (s ₁ , s ₃ , s ₆)
B8	s ₁ (ig ₁₂)	d ₁₁ (s ₁ , ig ₁₃)
B11		d ₁₃ (s ₃ , dg ₂); d ₁₉ ; d ₂₀
B13	(s ₃ , s ₇)ig ₁₄ ; s ₂ ; (s ₃ , s ₁)ig ₁₅	d ₃ (s ₂ , ig ₁₅)
B16	[s ₁ , s ₃ , s ₂ (ig ₂)]	d ₁₃ (s ₃); s ₂ (ig ₃); text
A1	(s ₃ , s ₆)ig ₁	

A2	$s_3(\mathbf{ig}_{11})$	$d_7(s_3, s_2, \mathbf{ig}_3)$
A3	s_4	$d_{11}(s_3, s_2, \mathbf{ig}_2)$
A4	$[s_3, s_1(\mathbf{ig}_1), s_4]$	$(s_3, s_1, s_4)\mathbf{ig}_1$
A7		$d_{18}(s_3, s_1, \mathbf{ig}_3)$
A10	$(s_3, s_1)\mathbf{ig}_{18}$	$\mathbf{d}_{11}(s_3, s_1, \mathbf{ig}_{18}, \mathbf{ig}_1); (s_3, s_{12})\mathbf{ig}_3$
A21	s_4	

The brackets [] signify a grammatical sentence which may include one or more clauses.
 The mark (:) signifies the use of more than one sentence.

Subsequently, it was studied whether the changes in the modalities presented in the Table 5 denote also changes in children’s reasoning on scientific aspects of the phenomenon of earthquakes. It was shown that all these 14 children evolved their reasoning (see Table 6), since the new modalities they introduce convey new information about the spatial framework in which the phenomenon takes place, the entities which cause it and/or the movement of the tectonic plates.

TABLE 6

Change in students’ reasoning in terms of the introduction of new modalities in posttest

<i>Subjects</i>	Reasoning		
	<i>Speech</i>	<i>Body</i>	<i>Drawing</i>
B2	Reasoning (+) Causal entity (s_3)	Reasoning (+) Causal entity (ig_4) Movement and causal entity (ig_5)	Reasoning (+) Causal entity (d_3)
B3	Reasoning (+) Movement (s_1) Spatial framework (s_4)	Reasoning (+) Movement (ig_6)	Reasoning (+) Causal entity (d_4)
B7	Reasoning (+) Causal entity (s_3) Movement (s_6)		Reasoning (+) Spatial framework (d_{10})
B8		Reasoning (+) Movement (ig_{12}, ig_{13})	Reasoning (+) Causal entity (d_{11})
B11	Reasoning (+) Causal entity (s_3)	Reasoning (+) Movement (dg_2)	Reasoning (+) Causal entity and Spatial framework (d_{13}, d_{19})
B13	Reasoning (+) Movement (s_1, s_2, s_7) Causal entity (s_3)	Reasoning (+) Movement and causal entity (ig_{14}, ig_{15})	Reasoning (+) Causal entity (d_3)
B16	Reasoning (+) Movement (s_1, s_2) Causal entity (s_3)	Reasoning (+) Movement and causal entity (ig_2) Causal entity (ig_3)	Reasoning (+) Causal entity (d_{13})
A1	Reasoning (+) Movement (s_6)	Reasoning (+) Movement and causal entity (ig_1)	
A2		Reasoning (+) Causal entity (ig_{11}) Movement (ig_3)	
A3	Reasoning (+)	Reasoning (+)	

	<i>Spatial framework (s₄)</i>	<i>Movement and causal entity (ig₂)</i>	
A4	Reasoning (+) <i>Causal entity (s₃)</i> <i>Movement (s₁)</i> <i>Spatial framework (s₄)</i>	Reasoning (+) <i>Movement and causal entity (ig₁)</i>	
A7		Reasoning (+) <i>Movement (ig₃)</i>	
A10	Reasoning (+) <i>Causal entity (s₃)</i> <i>Movement (s₁)</i> <i>Spatial framework (s₁₂)</i>	Reasoning (+) <i>Movement and causal entity (ig₁₈, ig₁)</i> <i>Movement (ig₃)</i>	Reasoning (+) <i>Causal entity (d₁₁)</i>
A21	Reasoning (+) <i>Spatial framework (s₄)</i>		

The symbol (+) indicates an improvement in child’s reasoning.

The children improved their reasoning using one or more semiotic modes (see Example 1).

Example 1(Subject: B11)

In Example 1 the child adds in his/her reasoning new entities as well as links among them. More specifically, he/she integrates in the posttest the new modalities $d_{13}(s_3, dg_2)$ and d_{19} (see Table 5). Table 7 presents the oral modalities in the two tests of the speech context.

TABLE 7

Responses of subject B11 to the question “How do you think an earthquake occurs?”

Student’s (B11) utterances in pre- and posttest of the speech context	
<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
“I believe that the whole city <u>is shaking</u> (s_1) and sometimes when a very powerful earthquake occurs, some houses fall down” [...] “Because <u>something</u> can happen <u>in space</u> (s_0)”	“I think, from the <u>tectonic plates</u> (s_3)”

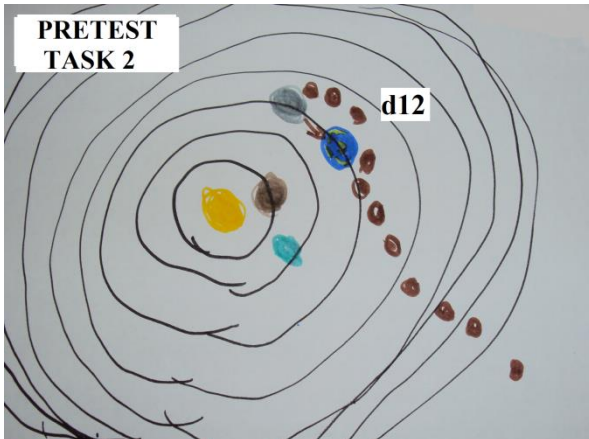

The child B11 goes from a generalized denotation of movement (‘shaken’) to defining the entities involved (i.e., ‘tectonic plates’) in the earthquake phenomenon. It should be noted that during the pretest the child does not link the movement to a mechanism. He/She simply presents the movement as a result of the earthquake (‘the whole city is shaking’) and not vice versa. On the contrary, at posttest he/she identifies the material entities that create the earthquake.

Additionally, in the pretest drawing context, he/she attributes the cause of earthquakes to the collision of the planets. In the posttest there is a change since the child includes in his/her reasoning entities such as ‘magma’, ‘movement of the magma’ and ‘tectonic plates’ (Figure 1).

More specifically, she draws the item d_{12} : *collision of two planets* and utters the motion verb s_2 : “collide (two planets)” noticed together with the gesture (ig_{10}) of “unifying” the two planets that appear in sketch. However, in posttest the child depicts the magma (d_{19}) while drawing two arrows at both sides (d_{20}), and over that she places the tectonic plates (d_{13}).

At the same time she utters “tectonic plates (s_3)”, while showing with a deictic gesture (dg_2) the arrows that has painted and may indicate “movement”. This multimodal structure represents the movement of magma and hence the swing of tectonic plates on it.

FIGURE 1

<p>Pretest: Illustration of the planetary system with a material object colliding with earth.</p>	<p>Posttest: Depiction of the magma with arrows on the right and on the left that indicate the movement of it. Over magma the child places the tectonic plates.</p>
	
<p>[student’s utterance and gesticulation]: “the moon (ig_{10}: representation with the hand the collision of two planets on the sketch) collides (s_2) with the Earth”</p>	<p>[student’s utterance and gesticulation]: “tectonic plates (s_3) (dg_2: shows the arrows that has painted to demonstrate the movement of magma)”</p>

Student’s (B11) drawings, utterances and gestures in pre- and posttest of the drawing context

In summary, the child advanced his/her modalities concerning speech and drawing as well as corporeal expression. With his utterance he/she introduces new entities (i.e., s_3 : tectonic plates), while with the structure [$d_{13}(s_3, dg_2)$; d_{19} ; d_{20}] he/she places the tectonic plates over the magma and suggests their back and forth movement.

In general, 6/14 preschoolers use all three semiotic systems to reason in the posttest, 5/14 preschoolers use two, while 3/14 preschoolers use just one (see Table 6). Typical case of evolution in reasoning through all three semiotic systems is the student B11 in Example 1. It is worth noting that 12 out of 14 preschoolers used their bodies to add new elements while reasoning. These children in the pretest had not used at all their bodies in their effort to explain the phenomenon.

Especially for the corporeal modalities (ig_i/dg_i), as well as for the modalities of drawing (d_i), it was found that in several cases they convey more *powerful meanings* compared with those of speech (s_i). The term *powerful* assigns meanings that on one hand are not expressed with any other sign-vehicle, and on the other hand communicate more essential aspects to the earthquake phenomenon. In Example 1 of the drawing context (see Figure 1), the child’s drawing at posttest is more rich in information than the utterance ‘tectonic plates’, as it identifies the form of the plates and places them over the magma. In another case, gestures enabled the child to communicate and describe the type of movement that occurs during an earthquake in a way that was not expressed with any other semiotic system (see Example 2).

Example 2 (Subject: A10)

Table 8 shows elements of speech uttered by the child in the two tests of speech context.

TABLE 8

Responses of the student A10 to the question “How do you think an earthquake occurs?”

Student’s (A10) utterances in pre- and posttest of the speech context	
<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
“When a <u>giant monster</u> (s ₉) comes and walks ...”	“(ig ₉ : <i>vibrating motion with both hands</i>) when the other <u>falls</u> (s ₁) there” [...] “the <u>tectonic plates</u> (s ₃)... if one <u>falls</u> (s ₁) and the other the same ...(ig ₁₈ : <i>sinking movement of two plates with joined palms in 90° angle shape</i>) will make more earthquake”

In pretest the student attributes the cause of the earthquake phenomenon to an imaginary creature, without being able to deliver more details. In posttest, he/she moves from a general suggestion of movement through speech (i.e., “when the other falls there”) to a clarification of the elements involved (i.e., ‘tectonic plates’). However, it is the child’s gestures that are gradually deployed which add new elements in his/her reasoning. Actually, the child gesticulates suggesting the shape and the kind of movement of the uttered entities (i.e., **ig₉**: *vibration movement* and **ig₁₈**: *immersion movement*). These gestures describe in terms of child’s palms the shape of the tectonic plates, but also their movement. On the contrary, the utterance ‘tectonic plates’ only mentions them as a lexical item without defining any physical properties such as flatness or immersion movement. Maybe it’s the nature of the specific phenomenon that allows more powerful meanings to be transferred through body expression.

DISCUSSION

It seemed that the change in modalities used by children is interconnected with the evolution in their reasoning. In most cases, gestures and drawing visualize moving and spatial entities, while speech is insufficient of describing them. Concerning the earthquake phenomenon, coherent thinking cannot be achieved without the use of modalities of body expression and drawing. In science, gestures may play a particularly important role in constructing meaning regarding domains that direct experience is not accessible for young children (e.g., seasonal change, tectonic plates, etc.) (Singer, Radinsky & Goldman, 2008). Novack and Goldin-Meadow (2015) support that gestures add a spatial or iconic element in spoken language. Given the fact that gestures don’t limit to linear rule-based standards, they have the capacity to express ideas that can be difficult to be expressed with words. Especially for the human body Goldin-Meadow & Alibali (2013) mention that gestures reflect what speakers know about, and that basically serves as a window onto their thoughts. The aforementioned researchers also realize that from this window, speakers very often reveal thoughts they do not even know they have. Gestures are not just a hand-waving but represent a means of evolution of the consisted meanings (Goldin-Meadow & Wagner, 2005). They enable thoughts which are not previously expressed to emerge. Gestures can also add new elements to students’ reasoning modifying the context of a conversation. Givry & Roth (2006) argue

that bodily actions can set the conditions of the evolution in students' reasoning, while Wagner-Cook, Pitchell & Goldin-Meadow (2008) underscore the value of students' using of their body in representing concepts which crucially contributes in the construction of knowledge.

A multimodal perspective receives great interest especially for the young children since multiple representations have a direct impact on children's learning (Hadzigeorgiou et al., 2009; Waldrip, Prain & Carolan, 2010). More extensive research on the role of the semiotic modes in meaning making process will provide useful data for the curricula design, enrich the teaching practices with a semiotic view and re-organize the development of the educational materials in the context of multiple representations.

REFERENCES

- Abrahamson, D. (2009). Embodied design: Constructing means for constructing meaning. *Educational Studies in Mathematics*, 70(1), 27-47.
- Chang, N. (2012). What are the roles that children's drawings play in inquiry of science concepts? *Early Child Development and Care*, 182(5), 621-637.
- Cox, S. (2005). Intention and meaning in young children's drawing. *International Journal of Art and Design Education*, 24(2), 115-125.
- Einarsdottir, J., Dockett, S., & Perry, B. (2009). Making meaning: children's perspectives expressed through drawings. *Early Child Development and Care*, 179(2), 217-232.
- Givry, D., & Roth, W.-M. (2006). Toward a new conception of conceptions: Interplay of talk, gestures, and structures in the setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 1086-1109.
- Givry, D., & Tiberghien, A. (2012). Studying students' learning processes used during Physics teaching sequence about gas with networks of ideas and their domain of applicability. *International Journal of Science Education*, 34(2), 223-249.
- Goldin-Meadow, S., & Alibali, M. W. (2013). Gesture's role in speaking, learning, and creating language. *Annual Review of Psychology*, 64, 257-283.
- Goldin-Meadow, S., & Wagner, S. (2005). How our hands help us learn. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), 234-241.
- Hadzigeorgiou, Y., Anastasiou, L., Konsolas, M., & Prevezanou, B. (2009). A study of the effect of preschool children's participation in sensorimotor activities on their understanding of the mechanical equilibrium of a balance beam. *Research in Science Education*, 39(1), 39-55.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40(1), 5-28.
- Ioannidou, I. (2001). *The development of knowledge about the geophysical phenomena: implications on instruction*. Doctoral thesis (in greek), National and Kapodistrian University, Athens.
- Kırıkaya, E. B., Çakın, O., İmali, B., & Bozkurt, E. (2011). Earthquake training is gaining importance: the views of 4th and 5th year students on Earthquake. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 2305-2313.
- Novack, M., & Goldin-Meadow, S. (2015). Learning from gesture: how our hands change our minds. *Educational Psychology Review*, 27(3), 405-412.

- Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds), *Constructionism*, (pp. 1-11). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Ping, M. R., & Goldin-Meadow, S. (2008). Hands in the air: using ungrounded iconic gestures to teach children conservation of quantity. *Developmental Psychology*, 44(5), 1277-1287.
- Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W. M. (2005). Photographs in lectures: gestures as meaning-making resources. *Linguistics and Education*, 15(3), 275-293.
- Ross, K. E. K., & Shuell, T. J. (1990). *The Earthquake information test: validating an instrument for determining student misconceptions*. Paper presented at the annual meeting of the Northeastern Educational Research Association, Ellenville, New York.
- Ross, K. E. K., & Shuell, T. J. (1993). Children's beliefs about Earthquakes. *Science Education*, 77(2), 191-205.
- Singer, M., Radinsky, J., & Goldman, S. R. (2008). The role of gesture in meaning construction. *Discourse Processes*, 45(4/5), 365-386.
- Tsai, C., (2001). Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews. *International Journal of Science Education*. 23(7), 1007-1016.
- Tytler, R., Prain, V., & Peterson, S. (2007). Representational issues in students learning about evaporation. *Research in Science Education*, 37(3), 313-331.
- Wagner Cook, S., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106(2), 1047-1058.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65-80.

Clouds as natural entities in preschool children's thought

AKRIVI GEORGANTOPOULOU, GLYKERIA FRAGKIADAKI,
KONSTANTINOS RAVANIS

Department of Educational Sciences
and Early Childhood Education
University of Patras
Greece
georgvivi@hotmail.com
gfragkiadaki@upatras.gr
ravanis@upatras.gr

ABSTRACT

This research paper seeks to determine pre-schoolers' representations about the general characteristics of the natural phenomenon of clouds, their reasoning about the consisting elements and the formation procedures of clouds and finally, their ideas about the existence of clouds through time. The sample consisted of 22 children (12 boys and 10 girls) aged 5.5-6 years from one public kindergarten in an urban area in Greece. Data were collected through semi-structured individual interviews. The analysis of the qualitative data showed that although the preschoolers had fruitful representations, the majority of them encountered difficulties on approaching several aspects of the phenomenon. Children's reasoning about the phenomenon also seemed to be without a stable and coherent structure. The need for a categorization of preschoolers' representations based on the use of a system of concrete criteria and the prospect of a didactic approach leading to the creation of a precursor model is designated.

KEYWORDS

Children's representations, preschool education, clouds, early childhood science education

RÉSUMÉ

Cet article de recherche vise à déterminer les représentations des enfants d'âge préscolaire sur les caractéristiques générales du phénomène des nuages, leur raisonnement sur les procédures de formation de nuages et les éléments qui les forment et enfin, leurs idées sur l'existence de nuages à travers le temps. L'échantillon de l'étude est composée de 22 enfants d'âge préscolaire (âgés de 5.5 à 6 ans) d'une école maternelle en Grèce. Les données ont été recueillies dans le cadre des entretiens semi-structurés individuels. L'analyse des données qualitatives a montré que bien que les enfants d'âge préscolaire ont des représentations fructueuses, la majorité d'entre eux ont rencontré des difficultés à l'approche de plusieurs aspects du phénomène. Les raisonnements des enfants sur le phénomène semblent aussi être sans structure stable et cohérente. La nécessité d'une catégorisation des représentations des enfants d'âge préscolaire basé sur l'utilisation d'un système de critères concrets et la perspective d'une approche didactique conduisent au besoin de la création d'un modèle précurseur.

MOTS-CLÉS

Représentations des enfants, éducation préscolaire, nuages, éducation scientifique pour l'enseignement préscolaire

THEORETICAL FRAMEWORK

Introduction

In Early Childhood Science Education Research field and the branch of Developmental Psychology that deals with learning, a great part of this research is focused on the study of children's representations about the concepts of Natural Sciences and the phenomena of the physical world. Although early childhood children have not yet developed their scientific thinking and understanding they do have initial representations of the concepts and the phenomena of physical world and they are also able to articulate composed reasoning in order to express their ideas about the natural environment (Piaget, 1975; Rayna, Sinclair & Stambak, 1982; Karmiloff-Smith, 1992; Fler, 1997; Ravanis, 1998; Baillargeon, 2000; Dumas Carré, Weil-Barais, Ravanis & Shourchah, 2003; Kampeza, 2006; Resta-Schweitzer & Weil-Barais, 2007; Koliopoulos, Christidou, Symidala & Koutsoumba, 2009; Hadzigeorgiou, 2015; Kambouri, 2015; Malleus, Kikas & Marken, 2016; Saçkes, McCormick Smith & Cabe Trundle, 2016). The way that children of that age conceptualize the physical world and the natural environment is a result of their relevant experiences and their interactions with the social, cultural and material world (Vygotsky, 1987; Lemke, 2001; Robbins, 2005, 2009). That means that according to the personal and the situational characteristics, children construct their own representations that are unique and also express the complexity of their thinking (Fler & Pramling, 2014). However, children's representations are often in contradiction to the models and the explanations given by Physics, Chemistry or Biology. Consequently, in order to designate, interpret and understand these representations, a thorough and multidimensional study is needed. Categorizing children's representations constitute a concrete and also tantalizing problem throughout this study. The aim of this research paper is to explore 5 to 6 years old children's representations about clouds through the analysis of children's discourses and drawings. Moreover, a categorization of these representations according to the scientific model of knowledge about clouds used in Early Childhood Science Education is designated.

Generally, the matter of the 5 to 7 year old children's conceptual approach on clouds, on which this study is focused on, is posed in the research bibliography within two basic frameworks. In the first framework, the cloud phenomenon is conceptualized as part of a broader process of the water cycle in nature. In the second framework, the comprehension of clouds is conceptualized as an autonomous phenomenon.

More extensively, the research of Piaget (1930, 1973) and Bar (1989) was very important in the first framework. From a developmental perspective, using a qualitative methodology, they designated that children during pre-school age understand clouds mainly as a solid material, and they also associate them with divine action, cultural beliefs and human activity, such as the use of boilers. The student's representation of clouds as "bags of water" that "open up so that rain can fall" is typical at this age. Within this framework, young children's comprehension of phenomena of change in the form of water, such as liquidation and vaporization, which are associated with clouds, is also approached. Studying the issue of comprehension of changes in the form of water, Bar (1989) observed insurmountable difficulties for young children associated with the absence of the concept of conservation of matter in children's thought. In a research by Bar and Galili

(1994) conducted on children from a broad range of ages, it was also observed that although preschool-aged children are not familiarized with water vaporization phenomenon, they frequently refer to water disappearance or absorption.

In the second framework, where children's thought on clouds is an autonomous object of research, Hansen (2009) attempted to organize the findings of a long series of researches on children's thought concerning various meteorological phenomena. Recording the representations of 4-7 years old children on clouds, he detected multilayered difficulties in relation to the creation, the origin and the location of clouds. Only on the issue of cloud movement, it appears that the children are able to provide answers compatible with scientific knowledge from the age of six. Fragkiadaki and Ravanis (2014, 2015), based on a cultural-historical perspective, studied 4.5 to 6 years old children's thought on how clouds are formed, what they resemble, where they can be encountered, and whether they constitute a living or non-living entity, discussing with pairs of children. Thus, they recorded that children encounter considerable difficulties in the way clouds are formed; however, they associate the notion of the cloud with weather phenomena, especially rain, they situate clouds somewhere above the surface of the earth, and recognize that they are non-living entities. Concerning their morphological characteristics, children engage their imagination and creativity in order to respond and refer to more than color or size.

Research Questions

The above literature review is focused on research findings concerning 5 to 7 year old children. As it can be remarked, the bibliography on the issue of young children's comprehension of the process of formation of clouds is limited, and there are multiple aspects that demand a systematic research approach. In the research presented here, the recording of children's representations, as expressed individually, was undertaken trying to elaborate on questions that attempt to trace the possibility of the formation of a concrete model of thought among preschool-aged children.

The research questions were posed as follows:

1. What are the representations of preschool-age children on the general characteristics of natural phenomenon of clouds?
2. What kind of reasoning do children of that age form about clouds' composition and clouds' formation procedure?
3. Do they consider clouds to be entities that appeared in the sky at a certain point in time, remaining the same even today? Or do they regard that clouds are constantly created in nature, as they are products of a self-perpetuating process?

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Sample

The research sample included 22 children (12 boys and 10 girls), aged 5.5 to 6 years old, from 1 class of a public kindergarten in an urban area of Greece. Children were randomly sampled among those willing to cooperate. The children that took part in the research had not previously attended any organized teaching activity on the phenomenon of clouds.

The Research Procedure

In order to collect the data structured individual interviews were carried out, which took place in the children's school during free activities at times when clouds were clearly formed in the

atmosphere. The listing of the data was carried out through sound recordings of the interviews, and based on drawings-pictures requested of the children.

The Interview

The interview developed into three units of questions. Each unit was corresponding to one of the research questions. Starting the discussion, in order to construct a functional framework of communication that guides their thought into the study of cloud that follows, children were initially asked: "What do we see in the sky?" Consequently, they were asked to draw the clouds.

1. For the first research question, namely the detection of representations on clouds, it was suggested to observe the sky, and then the following questions were posed: 1.1. What are the clouds like? Can you describe them? 1.2. Where do you think they are?
2. For the second research question, namely the examination of the reasoning that is formed by children of that age about clouds' composition and their formation procedure, the following questions were posed: 2.1. What are clouds made of? 2.2. How do you think clouds are formed/ made? Before asking to answer this question, children were encouraged to draw a story for the process of formation of clouds.
3. Finally, for the third research question, concerning children's representations on the clouds as beings in time, the following questions were posed: 3.1. Are the clouds that people used to see the same as those that we see now? 3.2. Do you think that new clouds are created constantly, or that those that we see now in the sky were created in the past, and remain the same to this day?

RESULTS

Analyzing the data that emerged from the interviews, children's representations were classified in different stages-categories for each research question. These stages are connected to the answers' deviation from the model on clouds used in education. Consequently, typical answers from each answer category, as well as tables that reference the answers' frequency are presented.

Introductory Questions Concerning Clouds

Beginning our discussion the children were asked: "What do we see in the sky?" Afterwards, they were asked to draw clouds. All the children of the sample recognized the clouds in the sky and also wanted to depict them in their drawing as requested. Studying their drawings, it was observed that 17/22 children depicted clouds on the top part of the piece of paper that was provided, while 5/22 children drew clouds in the center of the piece of paper. In regard to the colors they used, 18 pupils drew the clouds using the color grey, two pupils using light blue, and one pupil used the color brown. One pupil, when he was asked to draw clouds mentioned that "*They are white and cannot be seen. We cannot draw them*" (Subject 8), and, after a recommendation, he decided to draw the clouds with his favorite color, black.

The first research question

With the first research question, it was attempted to approach the children's representations on the characteristics and location of clouds (1.1. "What are the clouds like? Can you describe them?" 1.2. "Where do you think they are?") (Table 1).

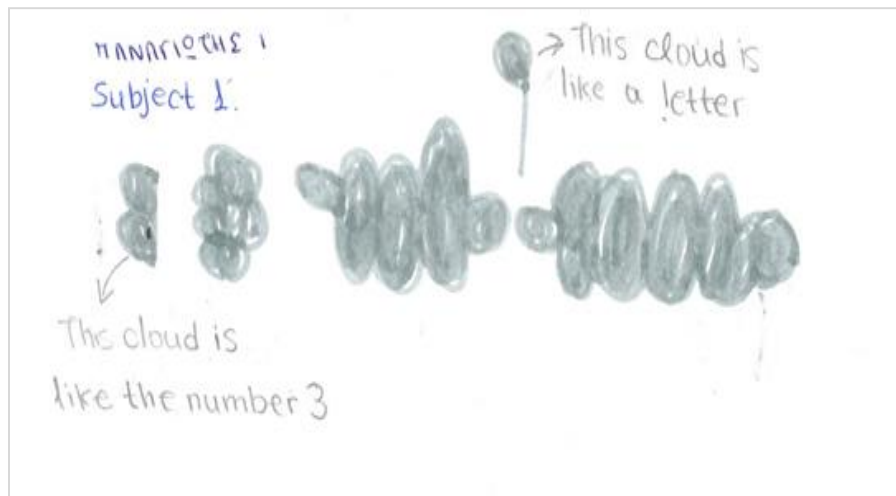
TABLE 1*Categories and frequency of answers on the clouds' morphological characteristics and location*

Representations	Categories	Subjects	Frequency
Morphological characteristics	External morphological characteristics & weather phenomena	6, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21	9
	External morphological characteristics	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 19, 22	13
Location	Location of clouds in the sky & geographical references	2, 8, 11	3
	Location of clouds in the sky	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	19

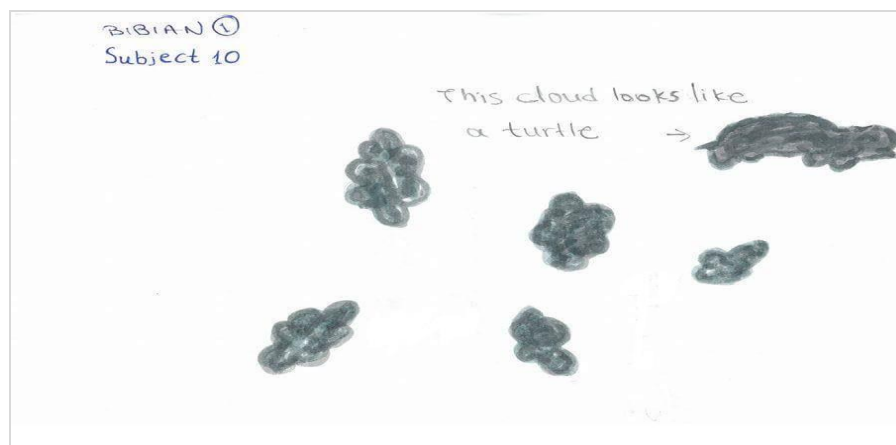
1.1. Children's answers on the descriptive traits of clouds were classified into two categories.

- a) In the first category, answers of nine children that were able to describe essential external morphological characteristics of clouds, associating their differentiations with changing weather phenomena, and to recognize clouds as natural entities in the outer atmosphere were classified. For example, *"They are of the color grey, white, black... they are both small and big. When it rains they are of the color black"* (Subject 6), *"Sometimes they look like something else, like a thing. Others are small, others are big. They are grey, but normally they have a white color. I've seen darker ones, that when it rains have also dark colors"* (S. 7), *"They are white and then they also turn grey because there is a storm. They big and small"* (S. 17).
- b) In the second category, the answers of the remaining thirteen children were classified. In this case, they described their essential external morphological characteristics without attributing their differentiations to changing weather phenomena. More concretely, five pupils mentioned that clouds are white; two pupils mentioned that they are white and blue, and three pupils that they are grey. Individual pupils mentioned that clouds are grey-black, white-grey, and white-grey-black respectively. Furthermore, it is noted that some children, referring to the shape of clouds, made small comparisons with familiar elements in the environment. For example, *"Some clouds also make a shape"* (S. 1), *"Sometimes they look like turtles, something with various things"* (S. 10). They highlighted that clouds take various forms, make various shapes, something that is reflected in their pictures, drawing clouds that look like a letter or a number (Figure 1), like a whale, like a turtle (Figure 2).

What is more, all of the children in the sample mentioned big and small clouds, concerning the clouds' size.

FIGURE 1

The cloud is like a symbolic representation

FIGURE 2

Cloud represented as an animal

1.2. All of the children in the sample answered the questions on the clouds' location in a satisfactory manner, as they recognized them as entities that can be found in the sky. However, the answers of three children in the sample were of particular interest, because they made geographical references: "In Greece and in other countries" (S. 2), "Everywhere. Apart from space. Here in Greece, in Africa, in Germany" (S. 8), "They are in all countries" (S. 11).

The second research question

With the second research question the children's representations on the clouds' composition and formation procedure were explored (2.1. "What are clouds made of?" 2.2. "How do you think that clouds are formed- made?") (Table 2).

TABLE 2

Categories and frequency of answers on the composition and the process of formation of clouds

Representations	Categories	Subjects	Frequency
Composition	Association with water	5, 14, 15, 21	4
	Association with other natural entities	6, 7, 8	3
	Association with entities that are morphologically related to clouds	2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 20, 22	10
	Association with metaphysical entities	1, 4, 16, 18, 19	5
Formation procedures	Association with water	21	1
	Association with other natural entities	7, 14, 15	3
	Association with human artificial construction	6, 9, 11, 13	4
	Association with metaphysical entities	1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 22	14

2.1. Concerning clouds' composition, children's representations were organized into four categories.

- a) In the first category, the answers that associated clouds with water were classified. The answer of a pupil which mentioned that the cloud is "*made by drops*" (S. 21) is of particular interest. When he was asked "*Which drops?*" the child pointed to his drawing of the sea. Three other children also associated the clouds' composition with the natural phenomenon of rain: "*Of rain*" (S. 15), "*Of drops of rain*" (S. 14), "*Clouds are made of air, water and rain*" (S. 5).
- b) In the second category, answers of three children that referred only to natural entities associated with the clouds' location, like air and dust were classified: "*Of air...? I don't know. They might be made of air...*" (S. 7), "*Of air*" (S. 8), "*Of dust? I don't know, they might be, yes. With dust*" (S. 6).

- c) In the third category, were included answers that referred to entities that are morphologically related to clouds, i.e. cotton, feathers, paint, wool. For example, “Of cotton, I think” (S. 9), “I think that clouds are made of something like wool... like the wool we get from sheep” (S. 12), “It was made by a lot of real paint and a lot of paper” (S. 11), “Of water... and flour” (S. 17).
- d) In the fourth category, the answers of children that hesitantly referred to metaphysical factors and especially to divine intervention were classified. For example, “God made them... how would I know?” (S. 1), “God made them with his hands. He told it: ‘be a cloud’ and it said ‘yes’... I don’t know what he made them with” (S. 16). In some cases, references to metaphysics are associated with natural entities as well. For example, “I think that God made them of water and soil” (S. 18). “God made them with his hands. I think he took some cotton and made them” (S. 19).

2.2. On the matter of the process of formation of clouds, children’s answers were classified into four categories.

- a) In the first category, was integrated the answer of a child that associated clouds with rain and the sea: “The drops make the cloud (when asked about the drops, they said they came from the sea), the drops come this way and make the cloud, they fall and go to the river. Here in the mountain, the snow drops, it goes here (in the sea) and turns into water” (S. 21) (Figure 3).

FIGURE 3



Clouds associated with water

- b) In the second category, three answers that mentioned relevant natural entities like air, or lightning, as cause for the clouds’ process of formation were included. For example, “The clouds must have been made of air” (S. 7), “It turned into lightning and then came the clouds” (S. 15).
- c) In the third category, we classified answers of four children that attributed the process of formation of clouds to a human-artificial construction were classified. For example,

“From a house... that’s where the clouds showed up from. A person made them with dust and took them up in the sky” (S. 6), “People made them in a laboratory. These people are experts, they have paint and they made them. They took cotton... they put alcohol, fluffed it up with some more cotton and left it in order for the wind to come and take it up in the sky” (S. 9), “In a factory, outside the factory there’s a chimney. There they have a machine and on the machine they move the feathers on another machine, that machine mixes them... takes them away... it also mixes them here and it turns them into clouds. And they come out of the chimney. The machine makes them, some gentlemen help this machine, they take the clouds into the chimney, it also mixes them up a bit, it has a mixer inside of it, and then they go to the sky... The also mix them here in the pot and they go up” (S. 13) (Figure 4).

FIGURE 4

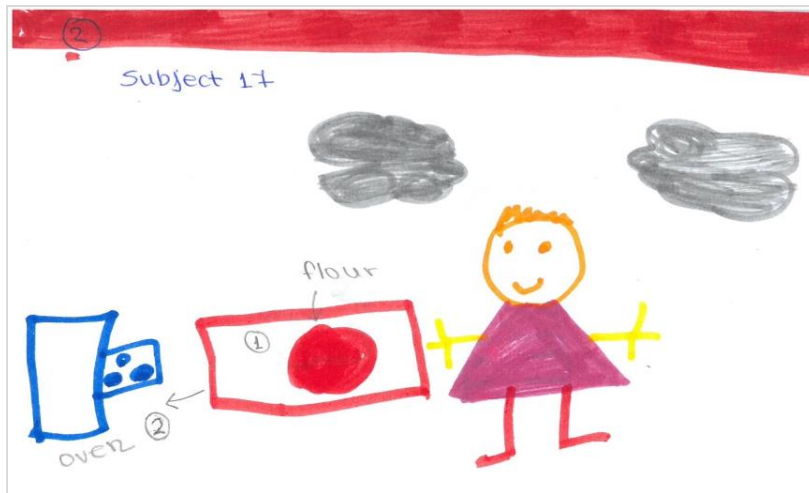


The clouds are human construction

- d) In the fourth category, answers of multiple stages, the basic element of which was the attribution of the formation procedure of clouds to metaphysical entities were classified. Four children referred to both natural and metaphysical entities at the same time. For example, “The ghost made a cloud and threw it to the sky with a stone. The other clouds were made on their own with the wind” (S. 8), “Once upon a time, there was a fairy named ‘Fantasy’, and she took wool from sheep and made the clouds. In much, much older times the fairy made clouds. Much older, back when there was nothing, only the night... She went underneath the sheep and took some wool and made the cloud. At a time a long, long time ago... when it was dark, the fairy made the clouds and told the wind to cut them like that, so that they will come in another way...” (S. 12). Two pupils described the process of formation of clouds as an artificial procedure, carried out by metaphysical entities. For example, “There is a little girl that kneads them with flour, makes a little cloud and will put it high up in the sky. She puts inside the flour, then she bakes it and puts it in the sky. She does them with the rolling pin, she does them with something white, and she puts them in the oven... God helps her, the little girl is God’s assistant” (S. 17) (Figure 5), “That person made it in the factory that he works in. They put here (in the

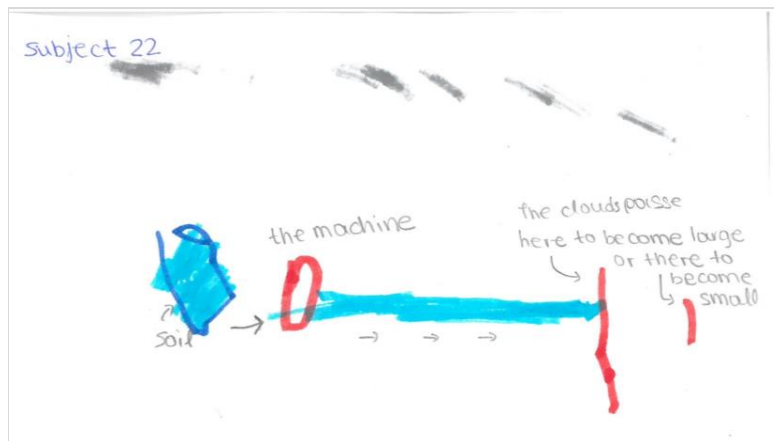
machine) color that they have carried, it goes through here and it becomes big or small... They make the cloud, and then comes a little angel that takes it to the sky. He only made those people, He didn't create us. They made them (the clouds) and now these people don't exist, God unmade them" (S. 22) (Figure 6). Furthermore, in some answers, only metaphysical causes were recognized. For example, "The cloud was made by God..." (S. 3), "A lady made the clouds, she's a little angel, this lady in the sky, she makes clouds" (S. 10), "God made them with His hands. He told him: 'be a cloud', and it said: 'yes...'" (S. 16).

FIGURE 5



The clouds are simultaneously human and divine construction

FIGURE 6



The clouds are simultaneously human and divine construction

The third research question

With the third research question, it was attempted to approach the children's representations on the cloud phenomenon through time; namely, whether children believed that clouds are entities fixed in time, or constantly created (3.1. "Are the clouds that people used to see the same as those that we see now?" 3.2. "Do you think that new clouds are created constantly, or that those that we see now in the sky were created in the past, and remain the same to this day?") (Table 3).

TABLE 3
Categories and frequency of answers on clouds through time

Representations	Categories	Subjects	Frequency
Clouds through time	Continuous creation	4, 8, 9, 10, 15, 17, 20, 21	8
	Contradictory reasoning	3	1
	Creation in the past	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 22	13

3. Based on the analysis of the data that resulted from the discussions which was carried out with the children, representations were classified into three categories.

- a) In the first category, eight children who regarded that clouds are products of a perpetual process that takes place in nature, and not immutable entities that appeared in the past and exist to the present day were included. For example, "They are not the same clouds as in the past, they change, new ones are created all the time" (S. 4), "The clouds that people saw in the past are different. In the past, there were other clouds. New clouds are being made" (S. 10), "She makes new clouds, she makes them with the rolling pin, she makes them with something white, she puts them in the oven and God helps her so they can put them in the sky" (S. 17).
- b) In the second category, answers of a child who appeared to express contradictory reasoning were included. While, on the subject of clouds, they answer "In the past there were other clouds..... and today there are new" (S. 3), when asked whether new clouds are created, they answered that they are not.
- c) In the third category, 13 children answered that clouds were created in the past, they remain the same to this day, and no new clouds are created. For example, "We see the same clouds as in the past. They change sometimes... When it rains... They change colors. They were created in the past and they are the same today. No new clouds are created, (S. 6), "They are the same because it's not possible for different ones to have been created, they stay like that. No new clouds are created. The same clouds exist" (S. 1), "They were the same in the past, the same goes with the rest of the clouds, and in the past, and now until today..... when it rains, they just change colors. No new ones are

created” (S. 7), “Yes they are the same, no new clouds are created... They were made once, before humans were born, no one was born. First God made the clouds, then he made Adam and Eve” (S. 18), “Once, in the past, way back... when there was darkness the fairy made the clouds and told the wind to cut them like this so they can come like that, they make shapes, like a heart, each day the shapes may change. It is the same cloud, it just changes. In the past, there was the fairy that made the clouds, she left and the clouds exist since then, they just change shapes with the wind” (S. 12).

DISCUSSION

In this paper, the representations of preschool children, concerning basic aspects of the cloud phenomenon, such as form, location, composition, formation procedure, as well as their existence in time were recorded. The research results showed that, even though preschool children have experiences with this phenomenon, they encounter significant obstacles during the approach of several of its traits.

In the first research question, which was associated with the clouds’ morphological characteristics and location in the sky, it was observed that the children referred to basic perceptual data, such as color, shape and location. Indeed, reference to the clouds’ shape was often persistent, and was usually associated with forms which the children are familiar with, such as objects or animals. However, a few of the children related the morphological characteristics with relevant meteorological phenomena, such as rain. Thus, children’s pertinent representations remain fixed.

In the second research question, children’s representations in relation to the composition and the process of formation of clouds were discussed. Concerning the subject of the clouds composition, 7/22 children referred to various natural entities, such as rain or air; what is more, one of them referred to the drops which originate from the sea. The rest of the children were either confined to metaphysical explanations, or related the clouds to objects with which they share morphological similarities, sometimes in conjunction with water. In this case, however, it is rather significant that some children approached clouds as natural entities, regardless of whether they associated them with the proper elements. Concerning the subject of cloud formation procedure, four children referred to natural entities, such as air, rain and lightning, and one of them referred to its formation from drops which originate from the sea. This child formulated a relatively satisfactory reasoning which was documented in the drawing in detail, albeit it was somewhat insufficient in relation to the model on clouds used in education. The rest of the children recognized artificial procedures, caused by either human activity or metaphysical entities, or attributed the process of formation of clouds to the intervention of metaphysical elements, or even to their coexistence with natural ones. In this case, however, specific forms of children’s causal thought were encountered, through which similar reasoning can be interpreted.

In the third research question, it was attempted to be observed whether the children understood clouds as products of continuous natural procedure, or of an instant creation. 8/22, children referred to a continuous creation of clouds, but their conceptualization not always associated with encountering a natural phenomenon, since several of these children expressed metaphysical views on their creation.

In general, it appears that although the reasoning that the children of the sample formulated was complexed and fruitful, it seemed to be unstable and without a coherent structure. In parallel, the recorded children’s representations were more frequently based on fixed

morphological characteristics, and less frequently on the creation of relationships between certain entities (Fragkiadaki & Ravanis, 2015). What is more, the metaphysical views that were traced referred to the influence of cultural elements which had been recorded in past researches (Bar, 1989; Fragkiadaki & Ravanis, 2014).

The above results highlight a substantial distance between children's conceptualization about the natural phenomenon of clouds and the scientific model that is used in kindergarten educational reality. For example, according to the curriculum in force for preschool education in Greece, the phenomenon of clouds is related, mainly, to the broader process of the water cycle in nature or to the thermal phenomena and other relevant topics such as evaporation, melting, solidification and the phenomena of changes of matter, in general (The Ministry of National Education and Religious Affairs – The Pedagogical Institute, 2002). Consequently, teaching activities are usually focused on the approach of clouds as part of a broader natural of physical process rather than as an autonomous phenomenon. However, according to the results of the present and relevant researches (Fragkiadaki & Ravanis, 2015), children of that age conceptualize clouds as concrete natural entities and they face difficulties on interrelating the phenomenon with other physical processes and natural procedures into the broader environment.

Moreover, according to the above results children's conceptualization of the phenomenon is oriented towards social and cultural aspects of thinking (Fleer & Pramling, 2014). Namely, children are basically using their everyday multilayer experience to understand the phenomenon and face difficulties in correlating them with macro-systemic aspects of nature that is not visible and touchable in everyday reality. However, as Vygotsky argued (1987), concept formation presupposes the formation complexes and complex connections. This element also underscores the distance between children's conceptualization about the phenomenon and the scientific model that is used in kindergarten educational reality which is disconnected with children's everyday knowledge and understanding.

In conclusion, what appears as essential is a more systematic approach of the children's representations about clouds, based on two necessities. The first necessity is the use of a system of criteria for the better comprehension of the reasoning articulated by the children, such as the framework proposed by Laurandea and Pinard (1972) concerning causal thought. The second necessity is associated with the elaboration of a teaching and learning sequence of tasks for kindergarten referring to the phenomenon of clouds. In succession, this perspective leads to the necessity of constructing a precursor model appropriate for preschool children. Namely, an educational construction attuned to the multiple capacities and experiences of young children is needed. At the same time, it is highlighted that such an educational construction should also include a number of characteristic elements of the scientific model (Lemeigman & Weil-Barais, 1993; Ravanis, Papandreou, Kampeza & Vellopoulou, 2013; Delserieys, Jégou & Givry, 2014). Our research now moves towards this direction.

REFERENCES

- Baillargeon, R. (2000). La connaissance du monde physique par le bébé. Héritages piagétiennes. In O. Houdé & C. Meljac (Eds), *L'esprit piagétien* (pp. 55-87). Paris: PUF.
- Bar, V., & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157-174.
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), 481-500.

- Delserieys, A., Jégou, C., & Givry, D. (2014). Preschool children understanding of a precursor model of shadow formation. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Part 15 (co-ed. E. Glauert & F. Stylianidou, Early years science education) (pp. 5-13). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.
- Dumas Carré, A., Weil-Barais, A., Ravanis, K., & Shourchah, F. (2003). Interactions maître-élèves en cours d'activités scientifiques à l'école maternelle : approche comparative. *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 493-508.
- Fleer, M. (1997). A cross-cultural study of rural Australian aboriginal children's understandings of night and day. *Research in Science Education*, 27(1), 101-116.
- Fleer, M., & Pramling, N. (2014). *A Cultural-Historical study of children learning Science*. Dordrecht & New York: Springer.
- Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2014). Mapping the interactions between young children while approaching the natural phenomenon of clouds creation. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 1(2), 112-122.
- Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2015). Preschool children's mental representations of clouds. *Journal of Baltic Science Education*, 14(2), 267-274.
- Greek Ministry of Education and Religious Affairs – Greek Pedagogical Institute, (2002). *Cross-thematic curriculum framework for the Kindergarten and curriculum for activities' development*. Athens.
- Hadzigeorgiou, Y. (2015). Young children's ideas about Physical Science concepts. In K. Cabe Trundle & M. Saçkes (Eds), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 67-97), Netherlands: Springer.
- Hansen, P. J. K. (2009). The most important single factor influencing learning is what the learner already knows-What do the learner know about clouds, precipitation, wind and greenhouse effect; a short review of research from 1883 to 2009. In *9th EMS Annual Meeting, 9th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM) Abstracts, held Sept. 28-Oct. 2, 2009 in Toulouse, France*. <http://meetings.copernicus.org/ems2009/>, id. EMS2009-237. (Vol. 1, p. 237).
- Kambouri, M. (2015). Investigating early years teachers' understanding and response to children's preconceptions. *European Early Childhood Education Research Journal*. doi: 10.1080/1350293X.2014.970857.
- Kampeza, M. (2006). Preschool children's ideas about the earth as a cosmic body and the day/night cycle. *Journal of Science Education* 7(2), 119-122.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press.
- Koliopoulos, D., Christidou, V., Symidala, I., & Koutsoumba, M. (2009). Pre-energy reasoning in pre-school children. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 123-140.
- Laurandau, M., & Pinard, A. (1972). *La pensée causale*. Paris: PUF.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en Physique*. Paris: Hachette.
- Lemke, J. L. (2001). Articulation communities: Sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296- 316.

- Malleus, E., Kikas, E., & Marken, T. (2016). Kindergarten and primary school children's everyday, synthetic, and scientific concepts of clouds and rainfall. *Research in Science Education*. doi: 10.1007/s11165-016-9516-z.
- Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge & Keegan Paul.
- Piaget, J. (1973). *The child's conception of the world*. St. Albans Herts: Paladin.
- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives*. Paris: PUF.
- Ravanis, K. (1998). Procédures didactiques de déstabilisation des représentations spontanées des élèves de 5 et 10 ans. Le cas de la formation des ombres. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Éds), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 105-121). Berne: P. Lang.
- Ravanis, K., Papandreou, M., Kampeza, M. & Vellopoulou, A. (2013). Teaching activities for the construction of a precursor model in 5-6 years old children's thinking: the case of thermal expansion and contraction of metals. *European Early Childhood Education Research Journal*, 21(4), 514-526.
- Rayna, S., Sinclair, H., & Stambak, M. (1982). Les bébés et la physique. In H. Sinclair, M. Stambak, I. Lézine, S. Rayna, & M. Verba (Eds), *Les bébés et les choses*, (pp. 63–119). Paris: PUF.
- Resta-Schweizer, M., & Weil-Barais A. (2007). Éducation scientifique et développement intellectuel du jeune enfant. *Review of Science Mathematics and ICT Education*, 1(1), 63–82.
- Robbins, J. (2005). "Brown packages"? A sociocultural perspective on young children's ideas in Science. *Research in Science Education*, 35(2-3), 151- 172.
- Robbins, J. (2009). Analyzing young children's thinking about natural phenomena: A sociocultural/ cultural historical perspective. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 75- 97.
- Saçkes, M., McCormick Smith, M., & Cabe Trundle, K. (2016). US and Turkish preschoolers' observational knowledge of astronomy. *International Journal of Science Education*, 38(1), 116-129.
- Vygotsky, L. S. (1987). *The collected works of LS Vygotsky: Vol. 1, Problems of general psychology* (Edited by R.W Rieber & A. S Carton, translated by N. Minick). New York: Plenum Press.

Connecting the teaching of mechanical work with the model of energy: a semiotic approach

PANAGIOTIS PANTIDOS¹, DAMIEN GIVRY²

¹School of Early Childhood Education
Aristotle University of Thessaloniki
Greece
ppantidos@nured.auth.gr

²Aix Marseille Université, ENS Lyon, ADEF EA 4671,
13248, Marseille
France
damien.givry@univ-amu.fr

ABSTRACT

In this study, an attempt is made to search for the conditions of implementing the conservation of energy principle model into semiotic modes and semiotic actions. The further purpose is to describe how mechanical work can be represented avoiding the ambiguities concerning the definition of system(s) and the conceptual blending between transfer and transformation of energy. It was shown that both in diagrams and semiotic actions, the separation of the systems and the description of the transfer of energy have to be translated into the successive semiotic units of the 'no contact between the systems', the 'contact of the systems' and the 'displacement of the system which receives the energy.'

KEYWORDS

Didactic of physics, mechanical work, diagrams, semiotic actions

RÉSUMÉ

Notre recherche s'intéresse à la pertinence des ressources sémiotiques utilisées pour enseigner le concept d'énergie. Elle propose d'étudier plus particulièrement les solutions pour éviter les ambiguïtés durant l'enseignement de la notion de travail mécanique, lorsque l'on définit le ou les système(s) étudié(s), ainsi que la confusion entre les notions de transfert et de transformation de l'énergie qui en découle. Notre travail propose que la définition des systèmes et la description du transfert d'énergie soient traduites par les unités sémiotiques suivantes : «pas de contact entre les objets» et «contact entre les objets + déplacement du l'objet qui reçoit l'énergie». Ces unités sémiotiques pouvant être utilisées aussi bien dans les représentations sémiotiques des livres (texte, dessin, graphique...) que dans les actions sémiotiques des enseignants.

MOTS CLÉS

Didactique de la physique, travail mécanique, schéma, actions sémiotiques

INTRODUCTION

Quite a few researchers in the field of science education have drawn their attention on the concept of energy. Students' ideas, energy's scientific nature and issues related to didactic transposition are some topics of interest concerning the architecture of the energy concept (e.g., Duit, 1987; Doménech et al., 2007). From an educational perspective it is suggested the conservation of energy principle to be at the heart of any teaching and learning event since it describes the transfers across the boundaries of the systems and transformations within the system (Jewett, 2008). However, in a multimodal approach of teaching and learning, major studies in science education about energy have focused only on some aspects of language with the verbal or written texts to be the dominant mode in analysing students' responses. (e.g., Kress, Jewitt, Ogborn, & Tsatsarelis, 2001). In general, as far as the concept of energy is concerned only a few researchers have taken into account the prerequisites and the affordances of the semiotic devices in the designing learning activities (Tang, Tan & Yeo, 2011; Scherr, Close, Close, & Vokos, 2012). Such novel perspectives put to the foreground all the semiotic resources perceiving them as 'grammatical' genres of making sense, interplayed one another (Pozer-Ardenghi & Roth, 2009). Speech, human body or spatial entities can be understood as vehicles of signs (i.e., semiotic resources) which support in different ways the construction of meanings.

Analysis conducted by the two authors in a previous research has shown specific difficulties connected with the semiotic modes used to conceptualize energy. That concerned the analysis of a section from a physics greek 8th grade textbook and a grade 9th greek teacher's performance (Givry & Pantidos, 2015). In Greece the concepts of system, transfer and transformation are engaged all together for the first time in the 8th grade students' textbook. Actually, in that level an effort is made these concepts to be introduced and interplayed by using semiotic modes such as graphs, photos, diagrams, equations and written text. In the next grades the sections in the textbooks about energy focus on topics such as the conservation of mechanical energy or on the conservation of energy in terms of the first law of thermodynamics. However, absence of specifications and interrelations on the key concepts *system*, *transfer* and *transformation* do not allow approaching energy in the holistic context of the conservation energy principle.

The analysis on the textbook and teacher's performance made by Givry and Pantidos (2015) showed quite enough problems on representing energy which have a negative impact in implementing the conservation energy principle in semiotic terms. In the textbook, photos, drawings and diagrams, conveying empirical entities (i.e., objects or events), create ambiguities by no making distinction between transfer (from one system to another) and transformation (within a system). In the same way, when the systems of signs activated in teacher's performance (i.e., talk, text and equation on the blackboard, gesticulations) to convey theoretical entities such as concepts or models, create conceptual blending by no distinguishing the physical system(s). In this study, an attempt is made to search for the conditions of implementing the accepted model of teaching energy into semiotic modes and semiotic actions. This is focused on the concept of mechanical work. The further purpose of this article is to describe how mechanical work can be represented avoiding the ambiguities concerning system, transfer and transformation of energy.

THEORETICAL FRAMEWORK

The adopted theoretical background for this study is based on concepts from: (a) a physics approach on energy and (b) a semiotic approach.

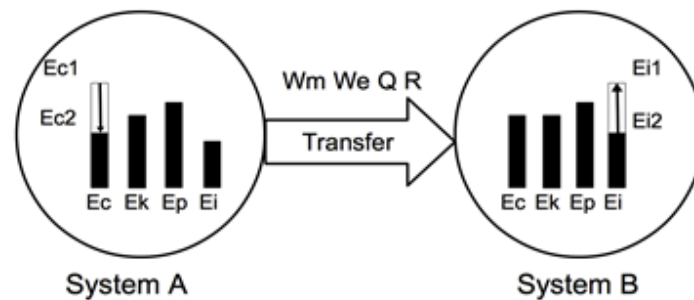
Physics approach on energy

System, forms and transfer of energy are considered as major concepts in a physics approach on energy (Jewett, 2008). In that sense, *system* is conceptualized as a set of components forming and integrating a whole, which can be delimited by thinking. An isolated system could be defined by an arrangement for which there is no transfer of matter and energy across the boundary. A non-isolated system experiences transfer of energy across the boundary through one or more mechanisms (i.e., mechanic or electrical work, heat or radiation). The conservation of energy equation is:

$$\Delta K + \Delta U + \Delta E_i = W_m + W_e + Q + R$$

The left-hand side of this equation shows three forms of energy which can be stored in a system: kinetic energy K, potential energy U (included E_g : gravitational, E_e : elastic and E_c : chemical energy) and internal energy E_i . We can calculate the change in the total energy stored in a system by adding the individual changes for each forms of energy. This whole, internal, change into a system is called transformation. On the right-hand side is the total amount of energy that crosses the boundary of the system expressed as the sum of the transfer of energy from a system (A) to a system (B). Mechanical work (W_m), electrical work (W_e), heat (Q) and radiation (R) are the processes of energy transfer. The conservation of energy can be represented by the following diagram (Figure 1) which is based on previous researches on understanding energy in terms of energy chains (Lemeignan & Weil-Barais, 1994; Tiberghien, 1996; Koliopoulos & Ravanis, 2000; Delengos, 2012).

FIGURE 1



Model of energy illustrating the concepts of system, forms of energy and transfer (Givry & Pantidos, 2015)

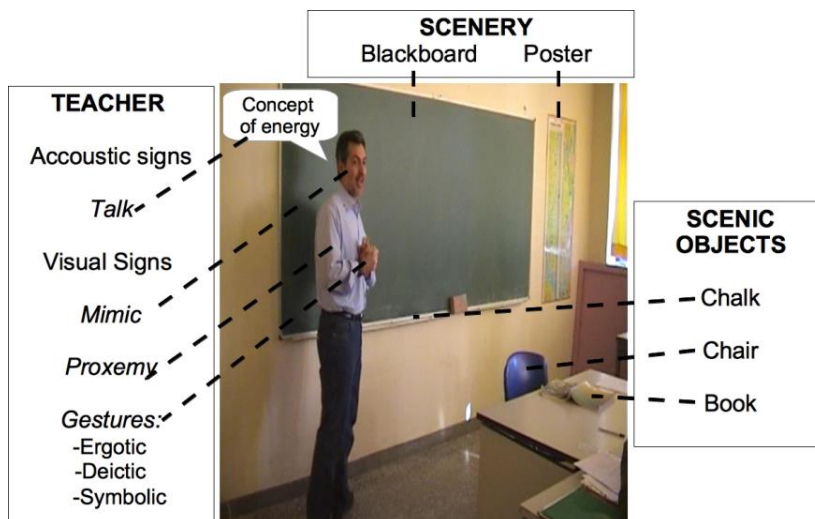
Semiotic approach

Our semiotic approach is based on researches about multimodality (Kress et al., 2001; Givry & Pantidos, 2012) and inscriptions (Lemke, 1998; Duval, 2006).

Multimodal approach: Semiotic resources into oral language (talk, body and setting)

In the context of adopting a multimodal approach with respect to science teaching, meaning is distributed among various modalities which are rhetorically orchestrated and essentially raised by teacher’s (or students’) performance (Kress et al., 2001). On that basis, a typical semiotic approach in science teaching focuses on specific semiotic resources (see Figure 2) contained into oral communication: (a) acoustic signs (linguistic and paralinguistic), (b) kinesic signs (gestural, mimic, proxemics) and (c) spatial signs (scenery, scenic objects) (Givry & Pantidos, 2012).

FIGURE 2

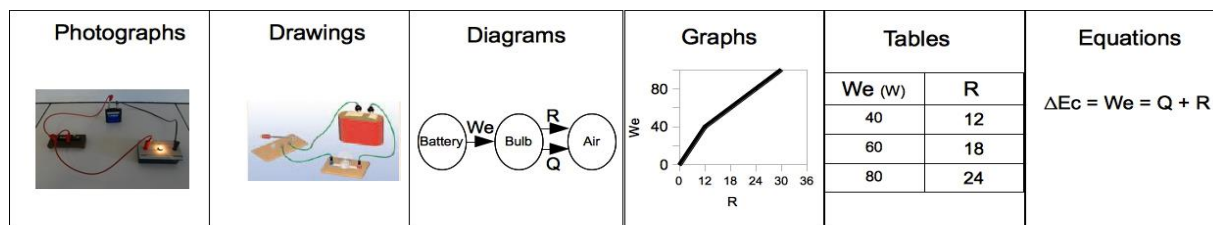


Teacher can use by means of his body semiotic resources contained in the scenery and scenic objects

Inscriptions and text: written language

This study accepts also the idea that text and inscriptions such as photographs, drawings, diagrams, graphs, tables and equations consist of sign vehicles contributing equal well to the construction of scientific concepts. Each visual mode describes in a specific way some aspects of energy concept (Figure 3).

FIGURE 3



The concept “transfer of energy” is expressed by several inscriptions

From the concrete representations such as photographs and drawings to the more abstract forms such as diagrams, graphs, tables and equations, written text can joint all these together presenting a continuum.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Research question

How the ambiguities in representing system and transfer of energy can be overcome by applying the model of energy in semiotic actions and modes?

Research design

The two researchers were seeking for an implementation of the energy model described in Figure 1. The data was the same as in the authors' previous research. That means: (a) a videotaped 40 minutes "natural" lesson (without any instructions or documents given by the researchers) about energy of a Greek teacher in a classroom composed by 26 students (grade 9th) and, (b) one Greek school physics textbook which is the formal textbook for 8th grade students. In that grade in Greece it is the first time that students experience such kind of written information (e.g., diagram, equation) concerning the concept of energy (Antoniou, Demetriadis, Kampouris, Papamichalis, & Papatsimpa, 2006). However, in this study the purpose was quite different. The two researchers were tending to re-analyze the data in order to propose some semiotic modifications in order the energy model described before to be implemented and the ambiguities to be overcome.

Data analysis

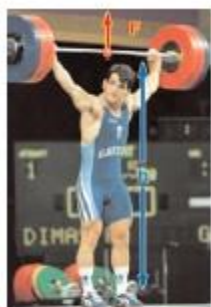
The starting point of the new analysis was the ambiguities presented in the previous research. In the current research the focus of analysis was on those semiotic modes in the textbook and semiotic actions in the video, which convey ambiguities in representing the concept of mechanical work. The two researchers conducted tentative individual analysis. Following the precepts of Interaction Analysis (Jordan & Henderson, 1995) both authors met repeatedly to study the inscriptions and some excerpts of the teacher's performance that conveyed ambiguities. The further purpose was to make assertions how these semiotic vehicles could be modified in order to overcome the aforementioned ambiguities. The purpose was to make semiotic patterns which include two conditions: (a) separation of the two systems, (b) make clear that energy is transferred from system A to system B. All the modifications were approved by the two researchers in the sense of a common agreement.

RESULTS

Identifying the system(s): no contact between the objects

The first prerequisite for applying the conservation of energy principle into a teaching-semiotic context concerns the separation between the systems. Both in inscription (see the left picture in Figure 4) and teacher's performance (see the right photo in Figure 4) it is the physical contact between the objects that creates the ambiguity of no identification of the systems.

FIGURE 4



Εικόνα 5.6.

Ο αθλητής ασκεί δύναμη (F) στην μπάρα που προκαλεί την ανύψωσή της σε ύψος h . Λέμε ότι η F παράγει έργο στην μπάρα. Ενέργεια μεταφέρεται από τον αθλητή στην μπάρα. Ο αθλητής κουράζεται.



The physical contact between a man and an object creates ambiguities about the system: it is one system [man + object] or two [man] and [object]?

In order to overcome this, it is needed to approach systems as visual objects which in an initial state had not contact to each other. Thus, the visual separation of the objects (systems) is the key concept for this ambiguity. In Figure 5, the hammer is distinguished from the nail (left picture of the figure 5) and the teacher from the chair (right picture of the figure 5) and thus a visual form is constructed as a prerequisite for the energy transfer.

FIGURE 5



Systems are represented without ambiguities by two objects without contact: [hammer] and [nail], [teacher] and [chair]

Illustrating energy transfer through mechanical work: contact + displacement

From a semiotic point of view the transfer of energy through mechanical work is defined in terms of a contact + displacement context. Indeed, according to the model of energy (see Figure 1)

energy transfer indicates a kind of interaction between the two objects (systems). Concerning mechanical work this interaction is related with the movement. In that sense, work is a process in which an object is *displaced* because another object *forced* it to move. Thus, in semiotic terms the notions of ‘action on object’ ‘and displacement’ is needed to be illustrated. These two elements can be applied both in inscriptions and teacher’s or students’ actions. In Figure 6, a sequel of ‘contact’ and ‘displacement’ elements is presented. First, the teacher touches the chair indicating that now the two objects, which previously were separated, are in contact. This starts a kind of interaction between them which leads to the displacement of the second object (i.e., chair).

FIGURE 6

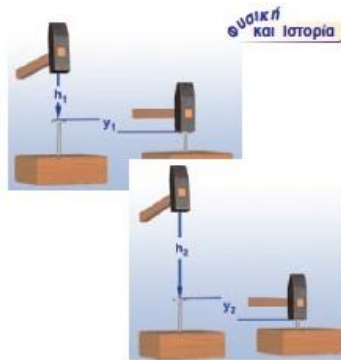


1. Teacher takes the chair (contact)



2. Teacher lifts the chair up (displacement)

FIGURE 7



Εικόνα 5.5.
Όσο ψηλότερα σκάνει το χέρι του ο εργάτης και όσο βαρύτερο είναι το σφυρί, τόσο βαθύτερα το καρφί εισχωρεί στο πάτωμα. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε τον Γαλιλαίο να συνδέσει τη δύναμη με τη μετατόπιση.

Hammer is hitting the nail (contact) and the nail sinks into the wood (displacement y_2)

Diagrams carry the dynamics of combining the ‘contact’, ‘no contact’ and ‘displacement’ pattern. For example, the left area of the diagram in Figure 7 locates the hammer and the nail as two different objects which do *not have contact*. In the right area of the diagram, the hammer and the

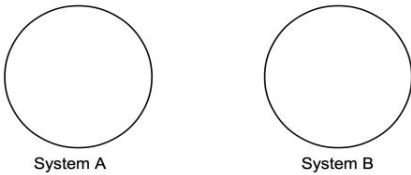
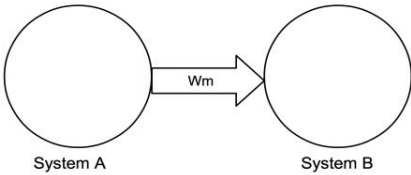
nail come into *contact* and thus denoting the start of energy transfer. Finally, the element y_2 indicates the *displacement* of the nail as the result of the action of the hammer to the nail. It should be mentioned that the order of these three elements is crucial for the learner to construct a visual path of making sense. This path enables the separation of the systems, the physical interaction among the systems and the movement of the system which received the energy.

DISCUSSION

In this paper a semiotic model of applying the teaching model of energy was described (see Table 1).

TABLE 1

Semiotic model for mechanical work

Physics model	Semiotic approach
	<p>NO CONTACT</p>
	<p>CONTACT + DISPLACEMENT</p>

An effort was made to overcome some ambiguities in representing energy by proposing a semiotic pattern concerning diagrams and actions in the classroom. Separation of the systems and transfer of energy from one system to another were translated into semiotic units of no contact between the systems, contact, and displacement of the system which receives the energy. It should be mentioned that these units must be clearly defined in visual terms and to retain a temporal continuity. It was also shown that the semiotic model of teaching mechanical work can be implemented both in diagrams and actions in the classroom, but a weakness is appeared in photos.

From a teachers’ training perspective, what has been labelled as semiotic model about work inserts it in the wider context of conservation energy principle rather than in that of – with

no holistic value - work-energy theorem. While bearing in mind the specific affordances conveyed by photos, teachers can use two or more photos indicating successive actions of the same event and embedding symbols (see Figure 6). Teachers are also encouraged to use their bodies in overcoming any ambiguity produced by the written text or the inscriptions contained in the textbooks. Teachers' and students' somatic figures can either introduce the *no contact*, *contact + displacement* schema or serve as interpretive filters over the photos and written text. In any case, careful use of the written text in the captions or of the accompanying talk is needed. Oral or written words have to be descriptive following the conditions of the semiotic model above. Generally, a more thoroughly examination is needed including the rest of energy processes, namely, electrical work, heat and radiation for the improvement of the proposed model of representing energy. An implementation in the learning process is also in our future plans testing the impact of the semiotic model in students' learning about energy.

Acknowledgements

We are grateful to Psychico College Middle School in Greece, as well as our colleague Fotis Vallinas for crucially contributing to this study.

REFERENCES

- Antoniou, N., Demetriadis, P., Kampouris, K., Papamichalis, K., & Papatsimpa, L. (2006). *Physics 2nd grade of lower secondary school*. Athens: OEDB.
- Delengos, N. (2012). *The construction of the concept of energy and its social use by 9-10 years old students of the Greek primary school*. PhD Thesis, Patras, University of Patras, Patras (in Greek).
- Doménech, J. L., Gil-Pérez, D., Gras-Martí, A., Guisasaola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., & Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: a debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16(1), 43-64.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1), 103-131.
- Givry, D., & Pantidos, P. (2012). Toward a multimodal approach of science teaching. *Skholé*, 17, 123-130.
- Givry, D., & Pantidos, P. (2015). Ambiguities in representing the concept of energy: a semiotic approach. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 41-64.
- Jewett, J. (2008). Energy and the confused student IV: a global approach to energy. *The Physics Teacher*, 46, 210-217.
- Jordan, B., & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: foundations and practice. *The Journal of Learning Sciences*, 4, 39-103.
- Koliopoulos, D., & Ravanis, K. (2000). Réflexions méthodologiques sur la formation d'une culture concernant le concept d'énergie à travers l'éducation formelle. *Spirale*, 26, 73-86.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal Teaching and Learning: The Rhetorics of the Science Classroom*. London: Continuum International Publishing Group.

- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99-120.
- Lemke, J. L. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Eds), *Reading Science* (pp. 87-113). London: Routledge.
- Pozzer-Ardenghi, L. (2009). Research on inscriptions: visual literacy, authentic science practices, and multimodality. In K. Tobin & W.-M. Roth (Eds), *The world of science education. Handbook of research in North America* (pp. 307-324). Rotterdam: Sense Publishers.
- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8(2), 1-11.
- Tang, K. S., Tan, S. C., & Yeo, J. (2011). Students' multimodal construction of the work-energy concept. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1775-1804.
- Tiberghien, A. (1996). Construction of prototypical situations in teaching the concept of energy. In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds), *Research in Science Education in Europe. Current issues and themes* (pp. 100-114). London, UK: The Falmer Press.

Contribution à l'évaluation des outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique

GUEYE Youssoupha^{1,2}, ABOUCHADI Hamid¹, ABOUELALA Mourad¹, TAHA JANAN Mourad¹

¹*Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique
Mohammed V University in Rabat, Maroc*

²*Ecole normale supérieure d'Enseignement technique et professionnel
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal*

ABSTRACT

The modeling and simulation tools are becoming the most commonly used in mechanical design activities to optimize the design process. They have become very common in the industry and more and more in education and training. However their use raises many sometimes associated with the educational use problems, interface ergonomics, the functional capability of the application, the acquisition cost of the equipment etc.

This text provides the theoretical framework of a thesis project on "Evaluation of modeling tools used in the field of teaching mechanical design" according to their usefulness, usability and acceptability for efficiency of teaching / learning.

KEYWORDS

Evaluation, modelization, modeling tools, mechanical design

RESUME

Les outils de modélisation et de simulation sont de plus en plus usités dans les activités de conception mécanique pour optimiser les processus de conception. Ils sont devenus très courants dans l'industrie et de plus en plus dans le secteur de l'éducation et de la formation. Cependant leur utilisation soulève de nombreux problèmes parfois liés à l'exploitation pédagogique, l'ergonomie des interfaces, la capacité fonctionnelle de l'application, le coût d'acquisition de l'équipement etc.

Ce texte propose le cadre théorique d'un projet de thèse sur l'« évaluation des outils de modélisation utilisés dans le domaine de l'enseignement de la conception mécanique » selon leur utilité, utilisabilité et acceptabilité pour une efficacité des processus d'enseignement/apprentissage.

MOTS CLÉS

Evaluation, modélisation, outils de modélisation, conception mécanique

INTRODUCTION

Les unités de production industrielle et établissements d'enseignement technologique utilisent des logiciels de modélisation dans les travaux de conception mécanique pour l'élaboration de maquettes numériques destinées à la fabrication. Durant ces dernières décennies, une variété d'outils de modélisation en conception mécanique ont été développés et sont disponibles sur le marché du travail. Concernant leur utilisation, les unités de production rencontrent d'énormes problèmes dans leur choix, leur mise en œuvre et cherchent des conseils auprès d'experts dans le domaine à propos de leurs caractéristiques. Les

établissements d'enseignement technologique se trouvent confrontés à ce même problème de choix, compte tenu de son incidence sur les compétences requises en relation avec le marché du travail. Ce choix peut porter à la fois sur la scénarisation adoptée par le professeur qui doit tenir compte des caractéristiques des étudiants, des objectifs à atteindre et du coaching de la situation d'enseignement/apprentissage (Sotak et al, 2010). Ce constat justifie l'étude menée dans le cadre de cette recherche, avec pour objectif d'évaluer les outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique. Le travail consiste à élaborer une méthodologie d'évaluation des outils de modélisation utilisés dans les activités de conception mécanique afin d'orienter le choix des utilisateurs.

1. CONCEPTION MECANIQUE ET OUTILS DE MODELISATION

La conception de parties mécaniques des objets ou systèmes techniques est une activité intellectuelle par laquelle on imagine quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée (Simon, 1991). En la contextualisant, elle peut être précisée comme consistant à *donner un ensemble de propositions permettant de décrire le produit (forme, dimension, moyen d'obtention) et répondre globalement à un cahier des charges*" (Tic et al, 1993). L'enseignement de la conception mécanique a toujours été au cœur de la formation des ingénieurs pour qu'ils soient capables de mettre en œuvre leurs connaissances scientifiques et technologiques pour résoudre des problèmes techniques et industriels (Sonntag, 2007).

Du point de vue de l'activité, la conception mécanique fait apparaître quatre catégories de conception: la *conception routinière*, la *reconception*, la *conception innovante* et la *conception créative* (Sri, 1989). La *conception routinière* concerne l'utilisation de principes de solutions possibles qui sont souvent catalogués (Sca, 2004) ; la *reconception* est une conception existante qui est modifiée pour satisfaire de nouvelles exigences (Den, 2002) ; la *conception innovante* peut concerner une innovation par combinaison nouvelle d'éléments de produits existants, une nouvelle utilisation de technologies sur une solution existante. Il existe plusieurs pratiques et démarches de conception, mais une trame est commune aux activités de conception : *connaître et comprendre les besoins du client; définir le problème à résoudre pour satisfaire les besoins; conceptualiser la solution; effectuer l'analyse, pour optimiser la solution proposée; vérifier la conception obtenue, pour voir si elle répond aux besoins initiaux des clients* (Suh, 1990).

On retrouve souvent, dans les différentes méthodologies existantes, les trois étapes importantes suivantes: *la définition du problème* pour aboutir aux exigences; *la définition conceptuelle*, qui met en place la structure fonctionnelle, les principes physiques et propose un concept; *la définition détaillée*, qui offre une description complète de la conception (Oos, 2001).

Au niveau de certaines étapes, le recours à la modélisation pourrait être systématique. Par conséquent, les outils de modélisation aident les concepteurs à mieux comprendre le fonctionnement des systèmes dans le sens d'optimiser les processus de conception en définissant des limites conceptuelles permettant de meilleurs usages des technologies de l'information.

L'application interactive de conception assistée par ordinateur (CAO) ne fait pas de conception mais peut aider le concepteur. Elle peut s'intégrer au système de représentation et de dimensionnement des objets ou systèmes techniques. Elle intervient de façon duale dans la mise en symboles du réel perçu (définition d'objets de conception et gestion de ces objets) et dans la concrétisation d'abstractions (visualisation ou, plus généralement, concrétisation des objets, des actions, des processus, de conception) (Adreit et al, 1993).

Cette réflexion sur la conception et la modélisation intervient dans un contexte didactique au niveau des établissements universitaires de formation.

Une variété d'outils de modélisation en conception mécanique ont été développés et sont disponibles sur le marché du travail. Concernant leur utilisation, les unités de production rencontrent d'énormes problèmes dans le choix de ces outils et de leur utilisation. Les établissements d'enseignement technologique aussi sont confrontés aux mêmes problèmes du fait de la nécessité d'arrimer les compétences acquises en formation par leurs étudiants aux compétences requises par le marché du travail.

Ce qui pousse à s'interroger sur le choix des outils de modélisation utilisés dans l'enseignement de la conception mécanique à travers la question suivante : *comment choisir un outil de modélisation et de simulation pour la conception d'objet technologiquement fonctionnel ?*

Par rapport à cette question de recherche il est prévu les deux hypothèses de travail suivantes:

- *Les outils de modélisation et de simulation posent des difficultés aux étudiants dans la conception d'objets techniques ;*
- *le choix d'un outil de modélisation et de simulation dépend de son utilité, utilisabilité et acceptabilité.*

2. MODELISATION : historique, objet et médium d'enseignement

Comme le rappelle Suzanne Bachelard (1979), le terme « modèle » vient du latin *modulus*, via l'italien *modello*, qui désignait l'unité de mesure étalon servant à définir les rapports entre les dimensions des édifices architecturaux. De façon très générale, il désigne donc ce à quoi on se rapporte pour se représenter quelque chose. Gilbert (2000) définit la notion de modèle en mettant l'accent sur ce que peut représenter le modèle, c'est-à-dire « *une représentation d'une idée, d'un objet, d'un évènement, d'un processus ou d'un système* » (p. 994).

Retenons que dans nos activités de conception, les modèles sont des élaborations conceptuelles liées à la résolution d'un problème scientifique et technologique. La modélisation est considérée comme une méthode et un processus de représentation d'une situation réelle, éventuelle ou imaginaire dans le but de mieux comprendre sa nature et son évolution (Legendre, 2005).

Il est cependant important de distinguer l'enseignement de la modélisation et l'enseignement par la modélisation. Un enseignement de la modélisation prend en charge des contenus scientifiques, tandis qu'un enseignement par la modélisation prend souvent en compte la nature des modèles. La spécificité de l'enseignement de la conception mécanique est régie par le fait que l'enseignant enseigne, non seulement, de la modélisation (contenu lié à la modélisation), mais par la modélisation (construction de modèles).

3. CADRE THEORIQUE

Afin de bien comprendre le phénomène auquel nous nous intéressons, cette étude s'appuie sur une approche théorique qui articule trois concepts théoriques. Tout d'abord, il est présenté l'*approche instrumentale* développée par Rabardel (1995), qui s'appuie sur l'importance de la médiation instrumentale. Ensuite, le *modèle d'Engeström* sur la « structure de base d'une activité » qui prend en compte la dimension sociale ou collective des activités ainsi que la médiatisation des actions par les outils mobilisés dans les contextes observés. Puis, une revue de littérature devrait permettre de choisir le *modèle d'enseignement* et les stratégies associés à l'utilisation des outils de modélisation dans la conception mécanique.

3.1 Approche instrumentale

L'usage d'outils pour l'enseignement relève de la didactique. Dans ce domaine il est fait une distinction entre la « *didactique générale* » et la « *didactique disciplinaire* » (Ginestié, 1994). Si la « *didactique générale* » se préoccupe de l'acquisition des connaissances indépendamment de l'épistémologie du domaine de l'histoire de la discipline, la « *didactique disciplinaire* » quant à elle se focalise sur le processus de « *transmission-appropriation* » d'un

savoir spécifique comme les mathématiques, la physique, l'histoire. La didactique d'une discipline est la science qui étudie pour un domaine particulier, les phénomènes d'enseignement, les conditions de la "culture" propre à une institution et les conditions de l'acquisition des connaissances par un apprenant (Joshua & Dupin, 1993). Selon Vergnaud (2012), c'est l'« étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances dans ce qu'elles ont de spécifique du contenu, dans le but d'améliorer ces processus. A cette élucidation conceptuelle, il faut ajouter la didactique professionnelle qui produit des outils liés à l'organisation, à l'analyse, à l'évaluation des situations de formation et de travail dans un souci de « transférabilité » en vue d'une reconversion des habiletés professionnelles.

Cette recherche trouve son fondement théorique dans *l'approche instrumentale* développée par Rabardel (1995). Approche qui s'appuie sur l'importance de la médiation instrumentale et fait la distinction entre un artefact (un outil nu, une proposition) et un instrument. Pour définir la notion d'instrument, Rabardel (1995) part de la notion d'objet technique. Selon lui, un artefact est donc tout objet technique ou symbolique ayant subi une transformation d'origine humaine, si petite soit-elle. Quant à l'instrument, deux niveaux de définition sont donnés. Au premier, un instrument est défini comme un artefact inscrit en situation dans un usage comme moyen d'action d'un utilisateur. Au deuxième niveau, l'instrument est une « entité mixte », qui tient à la fois du sujet et de l'artefact. Pour ce faire, Rabardel montre que l'instrument comprend, d'une part, un artefact matériel ou symbolique produit par l'utilisateur ou par d'autres, et d'autre part, un ou des schèmes d'utilisations associés qui résultent d'une construction propre du sujet ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants. Le passage de l'artefact à l'instrument renvoie à un processus de *genèse instrumentale* qui selon Rabardel (1995), à travers l'usage, marque l'évolution progressive de l'utilisation de l'artefact. Il distingue dans la genèse instrumentale deux processus : *l'instrumentalisation* (orientée vers l'artefact) et *l'instrumentation* (orientée vers le sujet). Le processus d'instrumentalisation intéresse la composante artefactuelle de l'instrument par attribution de fonction(s) alors que l'instrumentation tournée vers le sujet est constitutive de la capacité du sujet « à s'adapter à de nouvelles contraintes, de nouveaux objets » à la genèse des schèmes. Dans la première phase d'instrumentation, l'enseignant doit assimiler l'outil. L'utilisateur (le sujet) apprend et évolue (Contamines et al, 2003). Dans la seconde phase d'instrumentalisation l'enseignant fait de l'outil un artefact qui lui permet d'enseigner. En conception mécanique, les outils de modélisation et de simulation (Autocad, Solidworks, Catia...) sont des artefacts utilisés d'abord par les enseignants puis par les étudiants qui les instrumentalisent.

3.2 Théorie de l'activité et modélisation des interactions étudiant/logiciel

Ce travail fait référence entre autre à la théorie de l'activité qui s'intéresse à l'activité humaine, envisagée comme une activité socialement située comme celle liée au monde du travail ou à l'apprentissage (Parks, 2000). Elle trouve ses origines dans les travaux de Vygotsky (1934/1985) qui considérait que le développement du comportement humain était d'abord et avant tout médiatisé par l'utilisation et la création d'artefacts culturels matériels ou symboliques. Pour Engeström (1999), Vygotsky matérialise la première génération de cette théorie.

Leontiev (1975/1978) en développe la deuxième génération, en mettant en avant l'importance de la différenciation entre l'action individuelle et l'action collective, et en prenant en considération les interactions complexes entre l'individu et sa communauté. La médiatisation se caractérise par la division du travail et l'instauration de règles qui encadrent les interactions entre les individus faisant partie du système d'activité et partageant le même objet.

Il a été essentiel, pour Leontiev, de distinguer le concept d'activité de celui des actions reliées à la conduite de cette activité. « Une activité est associée à un motif, une action à un but et une opération à des conditions nécessaires à son exécution » (Class, 2001, p. 2).

Engeström (1987) a par la suite développé un modèle systémique basé sur les deux premières générations en y ajoutant l'infrastructure socio institutionnelle de l'activité, c'est-à-dire les éléments de la communauté, les règles et la division du travail. Il situe l'individu au cœur d'un système d'activité constitué de six pôles en interrelation (sujet, outil, règles, division du travail, communauté, objet).

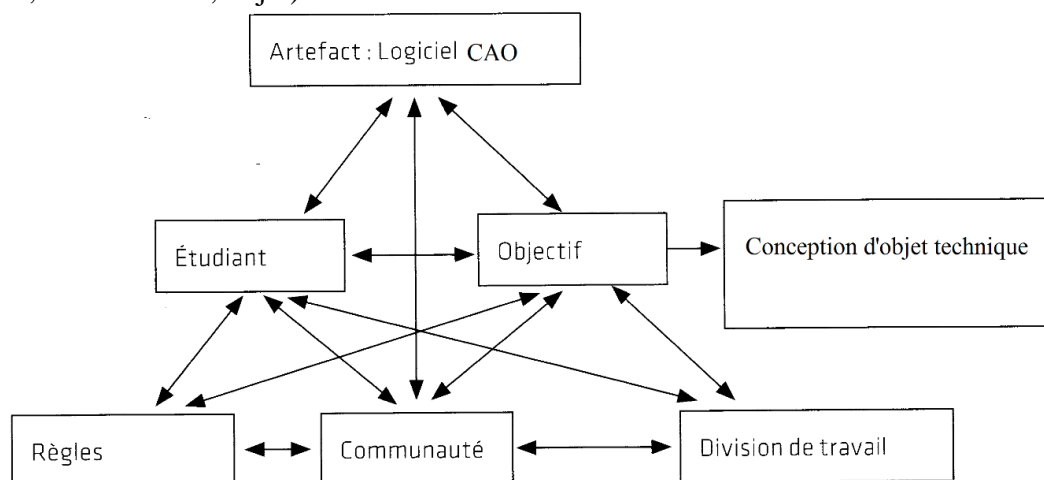


Figure 1: Différentes interactions dans le cadre de l'apprentissage de la CAO selon la théorie de l'activité d'après le schéma d'Engeström

Ce modèle exprime la relation entre le *sujet* (*étudiant*) et l'*objet* de l'activité. La relation y est réciproque : le sujet réalise l'objet de l'activité, mais en même temps, les propriétés de l'objet transforment le sujet en augmentant son expérience. Elle est de plus médiatisée par le concept d'*outil* représentant tout ce qui est utilisé dans le processus de réalisation de l'objet, aussi appelé transformation de l'objet, incluant ainsi les outils matériels et les outils pour penser. La médiation par l'outil correspond alors à un moyen de transmission d'une certaine culture. Les relations *communauté-sujet* et *communauté-objet* sont médiatisées par les concepts de *règles* et de *division du travail* contenant eux aussi l'héritage culturel de la situation. Il est cependant important de spécifier les différents pôles dans le cadre de cette étude. Le *Sujet* est un individu ou sous-groupe que l'observateur a choisi d'analyser, dans le cas d'espèce il est représenté par *l'étudiant ou le groupe d'étudiants*. L'*Objet* est la transformation de l'environnement qui est visée par l'activité (tâche à réaliser, objectif à atteindre). Ici, il s'agit de la conception d'un système mécanique. *Les outils ou artefact* sont les outils matériels ou symboliques qui médiatisent l'activité (*logiciel ou outils de modélisation, ordinateur, tutorial ou guide*). La *communauté* est l'ensemble des sujets (ou des sous-groupes) qui partagent le même objet comme, *les industriels, autres universités et instituts, concepteurs, développeurs, utilisateurs des logiciels CAO*. La *division du travail* reprend à la fois la répartition horizontale des actions entre les sujets et les membres de la communauté, et la hiérarchie verticale des pouvoirs et des statuts, comme *les responsables pédagogiques de l'université, les départements, les enseignants*. Les *règles* font référence aux normes, conventions, habitudes..., implicites et explicites qui maintiennent et régulent les actions et les interactions à l'intérieur du système.

3.3 Modèles d'enseignement/apprentissage et environnements multimédias

La plupart des spécialistes de l'apprentissage et de l'enseignement sont conscients de la nécessité de développer auprès des futurs enseignants la connaissance des bases cognitives de l'apprentissage et des effets des nouvelles technologies sur l'apprentissage. Les outils de modélisation utilisés dans les environnements multimédias permettent de cumuler de l'expérience et de développer la découverte personnelle. Ils constituent alors des outils cognitifs avec lesquels l'étudiant peut penser et agir. Ils affectent ainsi la façon de lire, de comprendre, de construire des connaissances, de résoudre des problèmes

(Crinon & Legros, sous presse). Un programme d'enseignement assisté par ordinateur contient, comme dans un manuel, des informations relatives au contenu enseigné et des informations pédagogiques, relatives à la structure et à la gestion du contenu. Le paradigme cognitiviste et, en particulier, les théories du traitement de l'information qui s'inspirent du domaine de l'informatique et des modèles du fonctionnement de l'ordinateur, s'intéressent aux processus cognitifs et de représentation sur lesquels ils opèrent, quelles qu'elles soient les activités de l'individu.

Selon Duffy et Cunningham (1996), deux idées fortes sont communes à tous les modèles d'enseignement issus du paradigme cognitiviste. Tout d'abord, l'apprentissage est conçu comme un processus de construction des connaissances, et non pas comme un processus d'acquisition des connaissances. Ensuite, les activités d'enseignement sont des activités d'aide à la construction des connaissances et non pas des activités de transmission des connaissances. Selon Charron (1990), «l'enseignant (qui s'inspire de ces modèles) doit moins se préoccuper de transmettre les connaissances, et davantage de les organiser, de les structurer, de mettre en lumière leur cohérence, de travailler à leur intégration» (p. 4, cité par Goupilet Lusignan, 1993). Les *modèles centrés sur l'élève*, «*modèles constructivistes*» vont dans le sens du modèle cognitiviste dans la mesure où l'élève gère lui-même ses activités. Ils favorisent l'apprentissage par la découverte qui suppose une situation-problème. Ils favorisent le développement des processus cognitifs de construction des connaissances. Cet apprentissage par l'action (Georges, 1983 ; Richard, 1990) contribue ainsi au développement de la pensée critique de l'élève et donc à son autonomie. Du fait de son caractère actif, le modèle constructiviste sera la trame de l'approche didactique envisagée. En effet les méthodes actives sont centrées sur l'apprenant, considérant qu'il est l'acteur principal de son apprentissage. Elles prennent donc en compte sa motivation, ses besoins, ses attentes. Cette stratégie fait appel essentiellement à un raisonnement analogique qui consiste à transposer à un nouveau contexte, un traitement ou une solution déjà connue.

4. EVALUATION DES OUTILS DE MODELISATION

Les méthodes et outils d'évaluation actuellement disponibles sont nombreux et variés (observations, interviews, questionnaires, tests utilisateurs, méthodes d'inspection, oculométrie, etc.). Ils présentent tous des avantages et des inconvénients. Le choix d'un logiciel repose sur l'analyse des besoins et contraintes (techniques, fonctionnels et stratégiques) puis de l'adéquation du logiciel à ces besoins et aux contraintes exprimés. Dès lors que l'on envisage d'étudier l'adéquation du logiciel, il est nécessaire de disposer d'une méthode d'évaluation.

4.1 Principe de l'évaluation

A propos de la définition de l'évaluation, Senach (1990) énonce que « toute évaluation consiste à comparer un modèle de l'objet évalué à un modèle de référence permettant de tirer des conclusions ». Ainsi, l'évaluation apparaît comme une comparaison entre le modèle que l'on qualifie « d'observé » (ou d'analysé) et un modèle de référence. Le modèle de référence doit être représentatif de l'adéquation de l'interface évaluée par rapport aux besoins spécifiques de l'utilisation. Le résultat de cette comparaison, entre modèle observé et modèle de référence, définit le niveau d'adéquation de l'outil de modélisation par rapport aux besoins déjà spécifiés et permet d'orienter son choix.

Aborder l'évaluation c'est poser le problème de son utilisabilité, de son utilité et de son acceptabilité. Trois dimensions explorées par (Tricot et al, 2003) dans l'évaluation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) qui sont des interfaces homme-machine.

A propos de *l'utilité*, elle détermine si l'interface répond aux besoins de l'utilisateur ; et d'autres

termes, si l'application permet à l'utilisateur d'atteindre ses objectifs de travail. L'utilité englobe la notion de performance du système, la capacité fonctionnelle et la qualité de l'assistance technique proposée (Senach, 1990 ; Nielsen, 1993).

Concernant **l'utilisabilité**, elle représente la possibilité de manipuler l'application, c'est-à-dire qu'il est facile à prendre en main, à utiliser, à réutiliser, sans perte de temps et sans confusion dans la manipulation. L'utilisabilité de l'application se joue au niveau de l'interface (sa cohérence, sa lisibilité, la façon dont elle représente les actions possibles, etc.), de sa navigation (la cohérence, la simplicité, l'exhaustivité des déplacements possibles), et de sa cohérence avec l'objectif» (Tricot et al, 2003). Il s'agit de la compatibilité, la cohérence, la clarté visuelle, la flexibilité et le contrôle, les retours d'information, l'aide en ligne, la gestion des erreurs.

Pour **l'acceptabilité**, elle consiste en la prise de décision d'utiliser l'application. Elle est fonction des valeurs, cultures, et de l'organisation de l'environnement cible. Elle peut faire l'objet d'une évaluation par inspection en étudiant l'adéquation aux besoins de l'institution, aux attentes des apprenants, aux caractéristiques des apprenants. Elle peut être également envisagée en termes de compatibilité avec l'organisation du temps, l'organisation des lieux, la présence du matériel nécessaire, la visibilité des résultats. Enfin, l'acceptabilité peut faire l'objet d'une évaluation empirique par observations, entretiens ou questionnaires en prenant en compte la motivation, les affects, les cultures et les valeurs des utilisateurs et prescripteurs de l'outil.

Les méthodes d'évaluation usuelles sont nombreuses ; afin de pouvoir bien les présenter, il est nécessaire de les classer selon des approches. En effet, selon (Bastien et Scapin, 2001), la classification devrait permettre de décrire de manière exhaustive et adéquate les méthodes d'évaluation existantes afin d'en faciliter la sélection en fonction de critères tels que :

- **les objectifs d'évaluation** qui déterminent si, il s'agit d'un diagnostic (détection des erreurs de conception) en vue de fournir des alternatives de conception, ou d'évaluation permettant de déterminer l'adaptation du système interactif aux tâches pour lesquelles il a été conçu, ou encore d'une évaluation de conformité à des normes ;
- **la source des données de l'évaluation** caractérisant leur provenance comme les performances utilisateurs, les caractéristiques de l'interface, les interactions ;
- **le moment de l'évaluation** qui détermine l'état, la forme, la représentation du système interactif à évaluer.

Trois périodes sont retenues par les auteurs pour l'évaluation de ces types d'application : *en amont de la conception*, pour anticiper, corriger à moindre coût les problèmes éventuels qu'il sera très coûteux voire impossible de corriger en fin de conception. *En fin de conception*, pour évaluer la maquette. *Après la conception*, pour valider le dispositif déjà réalisé.

4.2 Choix d'une méthode d'évaluation

On distingue plusieurs classifications des méthodes d'évaluation des systèmes interactifs. Selon Senach (1990), il existe les méthodes d'évaluation suivant les données comportementales (méthodes empiriques) ou suivant les données sur l'interface (méthodes analytiques). Quant à Whitefield (1991), les méthodes analytiques, les rapports des spécialistes, les rapports d'utilisateurs et les méthodes d'observation constituent la base de son classement. Holyer (1993) identifie quatre méthodes : les méthodes issues de la psychologie cognitive, les méthodes issues de la psychologie sociale, les méthodes issues des sciences sociales, les approches issues de l'engineering. Pour Grislin et Kolski (1996) les méthodes d'évaluation peuvent être classées en trois grandes approches : les approches centrées sur les avis et/ou les activités des utilisateurs ; les approches qualifiées d'expertes et les approches qualifiées d'analytiques. Bastien

et Scapin(2001) distinguent deux grandes catégories, les méthodes requérant la participation directe des utilisateurs et les méthodes s'appliquant aux caractéristiques de l'interface.

Après analyse, toutes ces méthodes peuvent être regroupées en trois grandes catégories : les méthodes basées sur des techniques d'observation de l'utilisateur réel et de recueil des données de l'interaction; les méthodes basées sur l'intervention d'experts en interaction homme-machine, en psychologie cognitive ou en ergonomie; les méthodes analytiques basées sur des modèles formels prédictifs intégrant des connaissances sur la tâche et sur des grammaires ou des modèles formels de qualité.

Concernant l'étude dont il est question ici, Il est retenu une approche centrée sur l'utilisateur en rapport avec le modèle théorique d'enseignement adopté à partir de la théorie de l'activité. Approche qui permet de détecter les problèmes réels que rencontre l'utilisateur lorsqu'il réalise sa tâche à partir du système. Cette approche utilise les méthodes basées sur des techniques d'observation de l'utilisateur réel et de recueil des données de l'interaction. Dans ce cas l'utilisateur constitue la source des données de l'évaluation. Des tests d'utilisation seront utilisés dans la technique d'observation pendant que l'utilisateur interagit avec le système. Lors des tests d'utilisation, plusieurs utilisateurs participent à l'exécution de tâches représentatives de tâches réelles. Les questionnaires et les entretiens permettent le recueil de données subjectives relatives aux attitudes, aux opinions des utilisateurs et à leur satisfaction. Ces données seront utilisées pour compléter les données objectives recueillies lors des tests d'utilisation.

CONCLUSION

A l'issue du travail, un cadre théorique sur l'évaluation des outils de modélisation utilisés dans le domaine de l'enseignement de la conception mécanique a pu être élaboré.

Les points suivants ont été abordés dans ce cadre théorique :

- Une clarification des concepts utilisés comme la conception mécanique, les outils de modélisation et la modélisation en conception mécanique ;
- Une description d'une approche modélisant l'usage des artefacts en instruments au service de l'activité ;
- Une théorie de l'activité modélisant l'interaction étudiant/logiciel dans le cadre de l'apprentissage de la CAO ;
- Le choix d'un modèle d'enseignement/apprentissage et d'une stratégie pédagogique ;
- Le choix d'une méthode d'évaluation des logiciels et/ou outils de modélisation en CAO.

Au plan général, il s'agit de contribuer à l'éclairage du choix d'un outil de modélisation et de simulation dans l'enseignement de la conception mécanique au niveau des établissements d'enseignement supérieur. De manière plus spécifique, notre recherche vise à élaborer une méthodologie d'évaluation des outils de modélisation utilisés dans les activités de conception mécanique afin d'orienter le choix des utilisateurs.

La clarification des concepts à partir d'une revue bibliographique a permis d'identifier les activités de conception. Ces dernières nous permettront par la suite de déterminer les tâches et opérations nécessaires pour leur réalisation.

L'étude du cadre théorique a permis d'identifier une approche permettant de décrire le contexte global de l'usage des outils de modélisation dans l'enseignement de la conception mécanique. En effet l'utilisation de l'informatique dans les activités de conception mécanique permet de penser les situations d'enseignement/apprentissage comme des situations d'activité instrumentée dans lesquelles l'usage des outils de modélisation (CAO) constitue un des moyens d'action de l'enseignant dans son travail.

Le modèle d'enseignement choisi permettra de définir la stratégie d'apprentissage qui sera mise en œuvre lors des activités d'enseignement apprentissage.

Il a été identifié une méthode d'évaluation basée sur des techniques d'observation de l'utilisateur réel et de recueil des données de l'interaction de l'étudiant avec le logiciel CAO. Aussi, ont été identifiés des tests d'utilisation pour les techniques d'observation, des questionnaires et des guides d'entretiens pour le recueil des données de l'interaction étudiant/logiciel CAO. Pour la suite du travail il est envisagé d'abord de déterminer les principaux critères liés aux différents facteurs impliqués dans l'interaction de l'étudiant avec le logiciel CAO, ensuite de concevoir les outils retenus et les tester, puis les administrer aux différents acteurs concernés, et enfin analyser et interpréter les données recueillies.

REFERENCES

- Abouelala, M. (2015). Evaluation des outils de modélisation et de simulation dans le domaine de l'enseignement de la fabrication mécanique (cas des logiciels de la FAO), Thèse de Doctorat, Université Mohammed V –Souissi.
- Bach, C., & Scapin, D. L. (2005). Critères Ergonomiques pour les Interactions Homme-Environnements Virtuels: définitions, justifications et exemples. Rapport technique, INRIA, (5531). Consulté à l'adresse <https://hal.inria.fr/inria-00070476/PDF/RR-5531.pdf>
- Bastien, J.M.C, Scapin, L. (2001). Evaluation des systèmes d'information et critères ergonomiques. In Kolski C. (Ed.), Environnement évolués et évaluation de l'IHM. Interaction Homme Machine pour les SI, Volume 2, pp. 53-80. Paris : Hermès.
- Brandt-Pomares, P., & Boilevin, J. M. (2009). Didactique des sciences physiques, didactique de la technologie, et usage des TICE. Journal of e-Learning and Knowledge Society, 4(2). Consulté à l'adresse http://je-lks.org/ojs/index.php/Je-LKS_EN/article/view/282
- Deneux, D. (2002). "Méthodes et modèles pour la conception concourante", Habilitation à diriger des recherches, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis.
- Engeström, Y. (1987). Learning by Expanding, An activity-theoretical approach to developmental research. Orienta - Konsultit, Helsinki.
- Enseignants, É. D. C. D. D. (2008). Doctorat de l'Université de Toulouse. Université Paul Sabatier. Consulté à l'adresse <http://core.ac.uk/download/pdf/12093872.pdf>
- Ginestié, J. (1994). *La technologie au collège : bilan et perspectives*. Colloque Techno, les actes du 16 mars, Montpellier.
- Grislin, M., Kolski, C. (1996). Evaluation des interfaces homme-machine lors du développement de système interactif. Technique et Science Informatiques (TSI), 3, pp. 265-296.
- Legros, D., Maître de Pembroke, E., & Talbi, A. (2002). Les théories de l'apprentissage et les systèmes multimédias. Psychologie des apprentissages et multimédia, 23–39.
- Le Moigne, J.L. (2009). " La modélisation des systèmes complexes ". Dunod, collection AFCET Systèmes, Paris. 1991. P 66
- Mer, S, Jeantet, A., & Tichkiewitch, S. (1995). Les objets intermédiaires de la conception: modélisation et communication. Le communicationnel pour concevoir, 21–41.
- Oosterman, B (2001). "Improving Product Development Projects by Matching Product Architecture and Organization", Ph.D Thesis, Groningen University
- Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains. Armand Colin, Paris.
- Rézeau, J. (2002). Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement : du triangle au « carré pédagogique ». A Sp, (35-36), 183-200. <http://doi.org/10.4000/asp.1656>
- Sallaou, M. (2008). L'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers. Arts et Métiers Paris Tech
- Scaravetti, D. (2004). "Formulation préalable d'un problème de conception, en vue de l'aide à la décision en conception architecturale", Thèse de Doctorat de l'école Nationale Supérieure d'Arts et Métiers.
- Senach, B. (1990). Evaluation ergonomique des IHM : Une revue de la littérature. Rapport

INRIA, n°1180.

Simon, H.A. (1991). Sciences des systèmes. Sciences de l'artificiel. H.A. Simon, Dunod

Sonntag, M. (2007). La conception au cœur de la formation professionnelle. Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle, 40(3), 59-78.

Suh N. P. (1990), "The principles of design", Oxford University Press, New York.

Visser, W. (2009). La conception: de la résolution de problèmes à la construction de représentations. TH Le travail humain, 72(1), 61-78.

<http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/LMRI41/tricot-et-al2003.pdf>

Kolski, C., Ezzedine, H., Gervais, M.-P., Oliveira, K. M., & Seffah, A. (2012). Evaluation des SI. Besoins en méthodes et outils provenant de l'ergonomie et de l'IHM, INFORSID, 395-410.

Could philosophy inform biology education?

RENIA GASPARATOU, MARIDA ERGAZAKI

Department of Educational Sciences
and Early Childhood Education
University of Patras
Greece
gasparat@upatras.gr
ergazaki@upatras.gr

ABSTRACT

This paper reports on the rationale of a study that aims at exploring whether philosophical theories of concept formation can inform biology education. Thus, we will first summarize some basic philosophical theories that try to explain how humans form concepts like ANIMAL, FISH, etc. And then, we will suggest that such theories can help us design learning environments to promote rigorous mechanisms of concept formation and facilitate young children in the classification of living organisms and the construction of a more meaningful understanding of the biological world.

KEYWORDS

Concept formation, philosophy, biology education, classification of living organisms

RÉSUMÉ

Cet article rend compte d'une étude qui vise à explorer en quoi les théories philosophiques sur la formation des concepts peuvent aider à l'enseignement de la biologie. Nous allons, dans un premier temps, explorer les principales théories philosophiques pouvant expliquer comment les humains forment des concepts comme ANIMAL, POISSON, etc. Dans un second temps, nous proposerons des pistes pour que ces théories puissent nous aider à créer des environnements d'apprentissage favorisant la formation de concepts et faciliter la classification des organismes vivant chez les jeunes enfants dans la perspective d'une meilleure compréhension du monde biologique.

MOTS-CLÉS

Formation des concepts, philosophie, éducation de biologie, classification des organismes vivants

INTRODUCTION

In this paper we present the rationale of a study that will be performed in order to explore whether philosophical theories of concept formation can inform biology education. The study will be concerned with whether it is feasible to design a learning environment in the context of

biology that could support the transition of primary school children from early and more intuitive mechanisms of concept formation to more sophisticated and rigorous ones, all described in relevant philosophical theories. So, here we will (a) summarize some basic philosophical theories on concept formation that try to explain how humans form concepts like ANIMAL, FISH, etc., and (b) we will suggest that such theories can help us design learning environments that could promote rigorous mechanisms of concept formation and facilitate young children in the classification of living organisms. We will focus mainly on (a) the prototype theory and (b) the classical theory, for we believe that these two theories better describe the progression from more naive to more advanced - or *scientific* - concept formation mechanisms. These two theories can help us review a continuum from (a) *how we categorize* to (b) *how we ought to categorize*, and thus help us design a learning environment to facilitate primary school children move from the one end of this continuum to the other.

PHILOSOPHICAL THEORIES OF CONCEPT FORMATION

How do we categorize the world into concepts? That is, how do we decide which objects to put under concepts such as MAN, CAT, ANIMAL, PLANT etc.? Plato and Aristotle debated strongly on the subject and the debate still holds in philosophy, with serious implications about how we learn things in general. Human concept formation mechanisms build mental categories and make taxonomic classifications of these categories that enable us to understand, remember, explain or teach all kinds of things about the world. If we had to have a name for each individual object or event, it might be impossible to recall or use all this information to build any kind of theory about the world. Given our concept formation ability however, we do not need to talk about every single cat; we can refer to CATS in general; put CATS into more general concepts, such as MAMMALS, ANIMALS or LIVING THINGS. Thus, we can recognize objects quickly, talk about their similarities and differences, recall old or learn new information, reason about their properties, solve problems, speak a language and understand other people quickly. Our concept formation is vital for all our endeavors. Starting from philosophy then, the question of *how we form concepts* is a matter of debate in cognitive science, psychology or science education for more than 50 years now.

So, currently there are roughly four general categories of concept formation theories – that is, of *how we understand or learn which x to put under concept C* .

1. *Definitionism or classical theory*. We categorize individual objects or events into general concepts by logical analysis, namely articulating definitions that describe the necessary and sufficient conditions, which must be fulfilled in order for an instance x to be classified under the concept C . For example, in order to say that John is a BACHELOR, John would have to be an unmarried man in marriageable age. Humans use inductive and productive reasoning skills to decide if a certain instance (e.g. John) belongs to a certain concept (e.g. BACHELOR) in terms of necessary and sufficient conditions. This theory is as old as Plato, but still has many followers (Pitt, 1999; Peacocke, 2000; Earl, 2006). One objection to this theory is that most concepts can hardly be defined fully and unanimously. Plato already suggests so for philosophical concepts like KNOWLEDGE, GOOD, ETHICS, etc. Today empirical evidence shows that very rarely we use necessary and sufficient conditions in order to form categories (Laurence & Margolis, 1999; Murphy, 2002; Prinz, 2002). Thus, there have been more moderate versions of classical theory that roughly suggest that, even though we cannot always define the concepts by both necessary *and* sufficient conditions, we *do* look

for (a) necessary, or (b) sufficient conditions. The appeal of this theory is that it describes a solid reasoning mechanism for concept formation; a mechanism that can provide us with lucid concepts and clear criteria for the inclusion of a certain instance *x* under a concept *C* (e.g. ANIMAL, GENE, etc.). And even though empirical research shows that we rarely use such solid reasoning mechanisms for concept formation, one could argue that this is the way we *should* form concepts at least in science; and also one may argue that this is what science and scientists try to do: articulate clear definitions for scientific concepts.

2. *Family resemblance theory* or *prototype theory* or *exemplar theory*. These are all versions of the same idea Wittgenstein suggests in his *Philosophical Investigations* (1958). His most typical example is the concept GAME: many different activities from chess to basketball are considered GAMES. The term cannot have a clear cut definition. What such activities have in common is a very loose similarity among them. According to the idea of family resemblances then, we classify instances of activities or events under certain concepts, by making a rough, intuitive analysis of their similarities. Thus, we classify an object *x* under concept *C* if it shares many similarities with other objects *z*, *w*, etc., which we have already included in *C*. From this general idea of family resemblances two more versions of this theory came up. (a) The *prototype theory* is the more rigid one, and suggests that we have some mental prototype or typical example for each concept, and we use it as the standard by which we compare and classify all new instances. For example, I have my dog as a prototype ANIMAL and I use this to decide whether any novel things I see (cats, mice, birds, telephones, etc.) share enough similarities with my dog to qualify as ANIMALS. (b) The *exemplar theory* is a softer version. According to this, we recall random examples of some concept *C*, and use them to decide whether a new, target instance qualifies as *C*. All versions of the theory have followers today, both in philosophy and in other disciplines and there are also some empirical tests for them (Rosch & Mervis, 1975; Rosch, 1978; Osherson & Smith, 1981; Smith & Medin, 2002; Bennett & Hacker, 2008; Kenny, 2010). Yet, even though we probably form concepts by relating to family resemblance, this theory has major problems. It is not clear what kind of entity is the prototype; or what kind of similarities we draw upon; or even how we identify that very similarity (Fodor, 1998; Laurence & Margolis, 1999). Additionally, some concepts don't seem to have a prototype or any examples at all, e.g. negative concepts like NOT A CAT (Laurence & Margolis, 1999). Other concepts are considered prototypes even though there is nothing typical about them. E.g. most people consider number 3 a more typical instance of an ODD NUMBER than 7, and 7 more typical than 501 (Armstrong, Gleitman & Gleitman, 1999), but this is not valid. Furthermore, this theory does not satisfy the *principle of compositionality* by which *the meaning of a complex expression is determined by the meanings of its constituent expressions and the semantic and syntactic rules used to combine them*. So, if for example we form the concept PET FISH bearing in mind an exemplary pet fish, this complex concept will have properties (e.g. colored, tropical, etc.), which are not necessarily inferred from the properties of synthetic categories, namely PET and FISH (Fodor, 1998; Hampton & Jönsson, 2011). Due to these problems, even if this theory might explain how we intuitively use concepts in everyday practices, it cannot explain how we form scientific concepts (Keil, 1989; Gelman, 2003). More importantly, it *should not* qualify as a mechanism for scientific concept formation.
3. *Theory-theory*. We classify individual appearances of objects under certain concepts understood in the context of a theory of related phenomena. The theory by which we include an object under a certain concept may either be naive and intuitive or more scientific, depending on our age, education, background etc. For example, a child might use an intuitive

theory by which they classify certain items as ANIMALS, PLANTS, FISH etc. After a while, and as their theoretical understanding changes, they will also modify these concepts so that the FISH can also qualify as an ANIMAL. The theory-theory has many versions as well. What is common to all is that a concept is always considered attached to a theory and is defined in relation to the other concepts of the theory, so that the latter is coherent both in its own and with the overall fabric of our beliefs. The origins of this theory are found in the writings of Quine (1960) and Kuhn (1962), but the theory-theory is continuously elaborated to date (Keil, 1989; Gopnik & Mertzoff, 1997; Murphy 2002; Carey, 2009). When it comes to concept formation mechanisms however, theory-theory usually falls back to the problems described by the prototype-theory and / or the classical theory. We identify similarities and differences based on typical examples or based on definitions *within the context of a theory* (Markman, 1991). These definitions may change when new info comes to light. The theory-theory, therefore, can operate as an "umbrella" for theories 1-2; it has been already introduced in science education, to explain the revision of concepts (conceptual change) taking place in education (Chi & Roscoe, 2002; Inagaki & Hatano, 2002; Chi, 2008).

4. *Atomic theory or theory of conceptual atomism.* We classify individual instances under a certain concept C, detecting the *reference* of the concepts C in the real world. By *reference* here we mean all the things designated by the concept. The reference of the concept CAT, for example, is the actual cats that exist in the world. So, whenever we use the concept CAT, we aspire to refer to what is really unique and common to all the cats, the real essence of *cat-hood* so to speak, regardless of what we - or the scientific community - know today about cats (Kripke, 1972; Putnam, 1975; Milikan, 2000; Fodor, 1998, 2008). This theory has many versions, as well as significant problems that arise from its strong ontological commitments about what a concept really is.

PHILOSOPHICAL THEORIES OF CONCEPT FORMATION & BIOLOGY EDUCATION

Theories 1-4 are not mutually exclusive; in fact, it is likely that different types of concepts are formed differently, or that different people or communities categorize differently. However, since our aim is to explore whether biology education can be informed by these theories, we will not get into the atomic theory at all. We believe that this theory encourages *essentialism*, an intuitive reasoning device through which entities are classified in the same category based on the idea that they all share a common, inner unchanged *essence* (Gelman, 2003); in other words, it encourages a reasoning device that should be gradually replaced with more sophisticated ones. On the contrary, we *do* believe that theories 1-3 could inform biology education in one way or another.

Prototype theory describes intuitive mechanisms of concept formation and it seems to be supported by empirical data as well (Rosch & Mervis, 1975; Rosch, 1978; Smith & Medin, 2002). The objections to this theory however, suggest that these mechanisms are extremely fallible. We form categories comparing examples, building prototypes or using features of the prototype as sufficient conditions, on the basis of random similarities. Intuitive concept formation then hardly relies on robust criteria (Bishop & Trout, 2005), while building scientific concepts *does* need them. Since science education is engaged in promoting scientific culture and rigorous thinking in general, it should discourage the persistence on such mechanisms and eventually lead to their replacement by more advanced. On the other hand, more advanced mechanisms are described by *classical theory*. In fact, this theory describes by far the most rigorous concept

formation mechanisms even though it seems that we don't much use them spontaneously. It also includes a visible progression: we can construct definitions (a) by sufficient conditions, (b) by necessary conditions, and (c) by necessary and sufficient conditions. Finally, *theory-theory* can be combined with both the above theories: a general theory about the living world could function as a framework either for prototyping or for constructing definitions. It is worth investigating then, whether the context of a theory can facilitate the progression of children's concept formation mechanisms.

It is worth noting that while all these theories are explored in philosophy, psychology and cognitive science, they have not been much used in science education. And insofar as they have, engagement was merely descriptive, just aiming to verify whether children do in fact use mechanisms described by certain theories. We believe however, that the key challenge for science education is not to describe how children form concepts, but rather to help them familiarize with *rigorous* concept formation mechanisms, which could result in well-defined concepts that promote scientific understanding. This is what we actually plan to attempt by utilizing *prototype theory* and *classical theory* and setting focus on young children's biological understanding in particular. In summary, we believe that (a) *prototype theory* best explains children's intuitive mechanisms of concept formation, (b) *classical theory* - lying at the other end of the spectrum - suggests rigorous concept formation mechanisms, at least for science education purposes, and (c) *theory-theory* might possibly facilitate the activation of concept formation mechanisms that both these theories suggest.

Therefore, we plan to develop and test a biologically oriented learning environment that could possibly support the transition of primary school children from early concept formation mechanisms described by *prototype theory* to more sound and robust ones described by *classical theory*. The research question of our case study will be '*Can we help children advance their categorization devices within an appropriately designed learning environment in the context of biology and how?*'; '*Can we help them move (a) from examples of a concept to a prototype, (b) from a prototype to a definition with some sufficient conditions, and (c) to a definition with some necessary conditions?*'.

Young children have a particular interest in entities and phenomena of the biological world and they start to use and form biological concepts very early (Inagaki & Hatano, 2002). Biology gives us a wide range of options to work with: from everyday language concepts (e.g. ANIMAL) to scientific ones (e.g. NUCLEUS). Moreover, it can give us plenty of room to invent imaginary categories (e.g. categories of imaginary animals with imaginary properties) that could be used in learning activities, since, even if they do not exist, they can be intuitively understood and used for reasoning by children (Lawson, 1995).

The development of concept formation mechanisms is an important step for science education, because it facilitates children to engage in meaningful learning processes and get familiar with science culture as well. It is also an important step in a more general sense. It facilitates the classification of all the information children learn, so that they can remember it and use it more adequately. And last but not least, it can contribute to context-free rigorous thinking; after all, the basic tool of human mind *is* concepts.

REFERENCES

- Armstrong, S. L., Gleitman, L. R., & Gleitman, H. (1999). What some concepts might not be. In E. Margolis & S. Laurence (Eds.), *Concepts: Core Readings* (pp. 225-259). Massachusetts: MIT Press.
- Bennett, M. R., & Hacker, P. M. S. (2008). *History of cognitive neuroscience*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Bishop, M. A. & Trout, J. D. (2005). *Epistemology and the Psychology of human judgement*. Oxford: Oxford University Press.
- Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford: Oxford University Press.
- Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift (pp. 61-82). In S. Vosniadou (ed.), *International handbook of research on conceptual change*. London: Routledge.
- Chi, M. T., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3-27). Netherlands: Springer.
- Earl, D. (2006). Concepts and Properties. *Metaphysica*, 7(1), 67-85.
- Fodor, J. (1998). *Concepts: Where Cognitive Science went wrong*. Oxford: Clarendon Press.
- Fodor, J. (2008). *LOT 2: The language of thought revisited*. New York: Oxford University Press.
- Gelman, S. (2003). *The essential child: Origins of essentialism in everyday thought*. Oxford: Oxford University Press.
- Gopnik, A., & Meltzoff, A. (1997). *Words, thoughts, and theories*. Cambridge: MIT Press.
- Hampton, J., & Jönsson, M. (2011). Typicality and compositionality: The logic of combining vague concepts. In M. Werning, W. Hintzen & E. Machery (Eds.), *Oxford Handbook of Compositionality* (pp. 385-402). Oxford: Oxford University Press.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children's naive thinking about the biological world*. Sussex: Psychology Press.
- Keil, F. (1989). *Concepts, kinds, and cognitive development*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kenny, A. (2010). Concepts, brains, and behaviour. *Grazer Philosophische Studien*, 81(1), 105-113.
- Kripke, S. (1972). *Naming and necessity*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Laurence, S., & Margolis, E. (1999). Concepts and Cognitive Science. In E. Margolis & S. Laurence (Eds.). *Concepts: Core Readings* (pp. 3-81). Cambridge: M.I.T. Press.
- Lawson, A. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Markman, E. M. (1991). *Categorization and naming in children: Problems of induction*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Millikan, R. (2000). *On clear and confused ideas*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Murphy, G. (2002). *The Big Book of Concepts*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Osherson, D., & Smith, E. (1981). On the adequacy of Prototype Theory as a theory of concepts, *Cognition*, 9, 35-58.

- Peacocke, C. (2000). Theories of concepts: A wider task. *European Journal of Philosophy*, 8(3), 298-321.
- Pitt, D. (1999). In defence of definitions. *Philosophical Psychology*, 12(2), 139-156.
- Prinz, J. J. 2002. *Furnishing the mind: Concepts and their perceptual basis*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Putnam, H. (1975). The meaning of 'Meaning'. In H. Putnam (Ed.), *Philosophical Papers* (pp. 215–271) Cambridge: Cambridge University Press.
- Quine, W. V. O. (1960). *Word and object*. Cambridge: The M.I.T. Press.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B. Lloyd (Eds.), *Cognition and Categorization* (pp. 27–48). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rosch, E., & Mervis, C. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573–605.
- Smith, E. E., & Medin, D. L. (2002). The exemplar view. In D. Levitin (Ed.), *Foundations of cognitive psychology: Core readings* (pp. 277-292). Cambridge, MA: MIT Press.
- Wittgenstein, L. (1958). *Philosophical Investigations*. New York: MacMillan.

Des difficultés en résolution de problèmes de physique : quelles aides pour les élèves ?

BRAHIM MAZOUZE

Laboratoire de didactique des sciences
École Normale Supérieure de Kouba, Alger
Algérie
bramazouz@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La résolution de problèmes et exercices a une place importante dans l'apprentissage et l'évaluation des acquis en sciences physiques. Elle est considérée de nos jours comme une pratique nécessaire et incontournable. Plusieurs recherches ont montré que les élèves trouvent des difficultés en résolution de problèmes de physique de manière générale, aussi bien au niveau phénoménologique qu'au niveau conceptuel. Pour aider ces élèves en difficulté de manière efficace, il faut tout d'abord localiser les obstacles. Pour que les propositions de remédiation soient objectives et pertinentes, nous pensons qu'il est utile d'avoir les points de vue des apprenants sur les « formes d'aides » qu'ils souhaiteraient lorsqu'ils sont en difficulté. Pour cela, nous avons élaboré un questionnaire proposant plusieurs « formes d'aides » que nous considérons pertinentes. Nous avons mené par le biais de ce questionnaire une enquête (papier-crayon) en sollicitant un échantillon d'élèves. L'analyse et l'exploitation des résultats de l'enquête ont montré que les élèves en difficulté souhaitent beaucoup plus les aides suivantes : présentation d'un rappel de cours et de formules, explication du phénomène physique, présentation d'un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées, utilisation des TICE et présentation du phénomène sous forme de simulation, travail en groupe.

MOTS-CLÉS

Résolution de problèmes, pratiques, difficultés, aide, performances

ABSTRACT

Problem solving has an important role in learning and prior learning assessment in physics. It is considered nowadays as a necessary and unavoidable practice. Much research has shown that pupils find difficulties in solving physics problems in general, both at the phenomenological level and at the conceptual level. In order to assist students effectively obstacles must be located first. We believe it is helpful to have learners' views on "forms of aid" which they wish when in difficulty, in order to propose appropriate remediation. For this, we developed a questionnaire with several "forms of aid" which we consider relevant. We have conducted a survey through a questionnaire (paper and pencil) by soliciting a sample of students. The analysis and exploitation of results of the survey showed that pupils in difficulty wish much more the following aid: presentation of the courses' synopsis and formulas, explanation of the physical phenomenon, presentation of a limited number of exercises with detailed solutions, use of ICT and presentation the phenomenon as a simulation, group work.

KEYWORDS

Problem solving, practice, difficulties, help, performance

INTRODUCTION

Dans les nouvelles réformes scolaires, l'enseignement/apprentissage des sciences physiques notamment s'appuie essentiellement sur les activités de résolution de problèmes. Les points de vue à propos de ces activités ont radicalement évolué au cours des dernières décennies, considérant ces dernières comme une pratique pédagogique efficace pour favoriser l'apprentissage et consolider les acquis (Reif, 1983; Dumas Carré, 1987; McDermott, 1997; Fabre & Orange, 1997; Boilevin, 2005; Orange, 2005).

La résolution d'un problème suppose la mise en relation entre ce qui est appris et ce qui est demandé dans des situations diverses, en mobilisant pour cela de nombreuses compétences (habilités de base, stratégies de pensée et habilités métacognitives), (Proulx, 1999).

Beaucoup de recherches ont été menées en résolution de problèmes de physique et des propositions de stratégies et de démarches globales ont été suggérées pour aider l'élève dans cette tâche. De notre point de vue, ceci ne peut être fructueux que si une prospection de chaque partie du programme est menée, car chaque concept en physique se distingue par ses propres difficultés. Pour cela, nous avons procédé dans une recherche antérieure (Mazouze & Lounis, 2015) au repérage des difficultés des apprenants en résolution de problèmes dans le cas du phénomène ondulatoire. Pour y remédier, nous avons pensé utile de consulter l'apprenant (le concerné) dans le but d'avoir son avis sur les types d'aides qu'il souhaite avoir.

CADRE THÉORIQUE

Dans la taxonomie cognitive, la résolution de problème se situe parmi les activités intellectuelles les plus complexes. Elle suppose la maîtrise et la richesse de connaissances et d'habiletés de base. Selon Mc Dermott (1997), la résolution de problèmes a été utilisée par les psychologues cognitifs et les chercheurs en sciences cognitives comme un contexte permettant d'analyser les processus de pensée, c'est-à-dire les processus avec lesquels les individus de niveaux d'expertise différents tentent de résoudre les problèmes.

Le paradigme cognitiviste est le cadre explicatif qui a été le plus largement utilisé dans la compréhension du processus de résolution de problèmes et de ses mécanismes d'acquisition (Proulx, 1999). C'est dans ce contexte que doivent être considérés et interprétés les divers points de vue à propos de ce sujet.

Nous allons tout d'abord essayer de préciser le sens des concepts de la didactique que nous adoptons dans le cadre de cette étude et qui s'articulent autour des concepts de problème, de résolution de problèmes, des obstacles épistémologiques, didactiques ou pédagogiques rencontrés par les élèves en résolution de problèmes et des processus pouvant être mis en œuvre pour y remédier.

Les définitions les plus courantes des concepts « problème » et « résolution de problèmes », souvent indissociables, permettent de dégager, d'après Proulx (1999), trois attributs caractérisant un problème à résoudre :

- l'existence d'un écart entre une situation présente jugée insatisfaisante et une situation désirée ou un but à atteindre ;

- une absence d'évidence du cheminement menant à la réduction de l'écart exigeant ainsi, de la part du sujet, une démarche cognitive active d'élaboration et de vérification d'hypothèses sur la nature même de cet écart et sur les moyens possibles de le réduire ;
- le caractère subjectif relié à la résolution de problèmes ; en effet, une même situation faisant problème à une personne n'est qu'une simple exécution de procédure pour une autre.

Pour Newell et Simon (1972), résoudre un problème, c'est chercher un cheminement dans un espace. Cet espace et ce cheminement se définissent d'après un état initial correspondant à la représentation actuelle de la situation, d'un état-but ou situation désirée, d'un ensemble d'opérateurs ou de procédures permettant le passage d'une étape à une autre et de contraintes d'application rencontrées durant le cheminement.

La compréhension du problème et sa transformation par étapes, fondée sur la planification et le raisonnement, constituent le processus de résolution du problème.

Les chercheurs ont pris conscience ces dernières décennies que le rôle du problème est plus vaste et plus important (Astolfi et al., 1997). Cependant, Fabre et Orange (1997) distinguent trois types de pédagogies avec trois statuts possibles pour le problème : le problème comme critère de l'apprentissage (évaluation), le problème comme mobile de l'apprentissage (apprentissage par problème), et enfin le problème comme moyen de l'apprentissage (apprentissage par situation-problème). "*Tantôt stratégies d'enseignement et d'apprentissage, tantôt démarches intellectuelles complexes, tantôt caractéristiques d'une situation*" les problèmes sont bien souvent les trois simultanément (Jonnaert, in Proulx 1999, p. 11)

Dans le contexte de l'enseignement/apprentissage, notamment dans le système éducatif algérien, les problèmes proposés dans les manuels et pour l'évaluation ne sont que des exercices où l'élève sait d'avance que la solution existe (toujours et très souvent unique) et est en relation avec un corpus de savoir enseigné, contrairement aux autres types de problèmes scientifiques ou de la vie quotidienne, et c'est dans ce contexte que se limitera notre étude.

Permettre aux élèves de surmonter les obstacles qui entravent leurs apprentissages constitue un des défis fondamentaux d'un enseignement scientifique « constructiviste ».

Les obstacles peuvent être décrits comme « *des structures et modes de pensée résistants, qui souvent font système entre eux et qui s'instancient diversement dans chaque objet d'apprentissage scientifique* » (Astolfi & Peterfalvi, 1997, p. 193).

L'importance des obstacles épistémologiques et pédagogiques dans l'accès à la connaissance scientifique est aujourd'hui reconnue, mais trop peu de travaux ont été consacrés à la recherche de situations didactiques et de dispositifs d'apprentissage, organisés pour faire précisément franchir ces obstacles en situation scolaire. « *C'est en effet, en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique* » (Bachelard, 1938).

De nombreux travaux de recherches ont montré que beaucoup d'apprenants rencontrent de sérieuses difficultés dans les activités de résolution de problèmes (Reif, 1983; Dumas Carré, Gil-Perez & Goffard, 1990; Goffard, 1994; Proulx, 1999), car la capacité à résoudre les problèmes dépend non seulement de l'apprentissage des procédures, mais aussi de la capacité à mobiliser les compétences pertinentes (Proulx, 1999), et à faire appel à des savoirs annexes appropriés (McDermott, 1997). En effet, les situations d'apprentissage en physique se caractérisent par des difficultés particulières compte tenu de la complexité de certains phénomènes et du formalisme sous-jacent, notamment le phénomène ondulatoire (Maurines, 1986; Mazouze, 2011; Mazouze & Lounis, 2012). Gil-Perez (1993, p. 51) affirme dans ce sens,

que : « *Il est certain qu'un grand nombre de concepts centraux de la science sont assez difficiles à construire par la majorité pour ne pas dire la totalité des adolescents et même des adultes universitaires* ».

Ces obstacles peuvent être liés à : la compréhension du phénomène physique et à l'appropriation de la situation étudiée, la schématisation, notamment la représentation dans l'espace à trois dimensions, la lecture des représentations graphiques, l'interprétation des représentations spatiales et temporelles et l'utilisation de l'outil mathématique notamment la fonction sinus dans le cas des ondes (Dean, 1980; Fazio, Guastella, Sperandeo-Mineo & Tarantino, 2008; Bryan & Fennell, 2009; Mazouze & Lounis, 2015).

La prise en compte didactique des obstacles dans tout projet de programme ou dans l'élaboration des activités d'apprentissage constitue une aide à leur « franchissement » et contribue à l'amélioration des performances des apprenants.

PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE

La résolution de problèmes occupe une place centrale dans les récentes réformes curriculaires adoptées à travers le monde où elle passe d'une fonction restreinte, évaluation sommative à une fonction plus large, apprentissage et évaluation. Les élèves la considèrent comme fondamentale et décisive, car dans le système d'évaluation actuel, c'est elle qui constitue la mesure de la réussite à un examen notamment le baccalauréat, événement crucial dans le parcours d'un apprenant. Cependant beaucoup d'élèves sont souvent confrontés à des obstacles dans les activités de résolution de problèmes, et ne savent comment les surmonter. Les enseignants de lycée affirment que certains élèves n'arrivent même pas à démarrer correctement la résolution d'un problème, particulièrement si ce dernier n'est pas "coutumier" (Dumas Carré, 1987).

Dans le système scolaire algérien, les situations présentées à l'élève dans le manuel scolaire ou pour l'évaluation, appelées à tort des problèmes, ne sont que des exercices, pour lesquelles les procédures nécessaires pour y répondre lui ont déjà été enseignées ou identifiées. Dans un tel cas, l'élève doit appliquer à nouveau les mêmes procédures pour consolider ses apprentissages (Proulx, 1999). Dans le même sens, et pour d'autres systèmes éducatifs, De Vecchi et Carmona-Magnaldi (in Boilevin, 2005, p. 16), précisent que les problèmes rencontrés en milieu scolaire ne sont en fait que des exercices puisqu'ils se résument bien souvent « *à un questionnement venant d'une personne (maître ou auteur du manuel) et devant être résolue par une autre personne (apprenant)* ». Aussi, Goffard (1990) fait remarquer que : « *les problèmes utilisés dans l'enseignement fonctionnent comme des exercices d'application des principes transmis. Alors qu'en dehors du système scolaire les problèmes sont le plus souvent ouverts* ». Dumas Carré (1987, p. 26) propose de nommer « problèmes coutumiers » ceux que l'on trouve dans les manuels ainsi que ceux qui servent d'évaluation dans les épreuves d'examens notamment le baccalauréat. Elle caractérise ces problèmes comme fermés, stéréotypés. Pour Dumas Carre (1987), ces problèmes sont utilisés :

- au cours de séances d'exercices (travaux dirigés) pour manipuler les concepts que l'enseignant veut faire acquérir aux apprenants ;
- dans les devoirs à chercher à la maison pour approfondir certains aspects de ces concepts ;
- dans les contrôles des connaissances acquises (évaluation).

À cet effet, nous nous proposons de nous positionner par rapport à ce genre d'activités dans notre travail, car nous estimons que la résolution d'un problème (ou d'un exercice) dans le contexte scolaire permet la consolidation des acquis, la mémorisation, l'approfondissement des connaissances ainsi que l'évaluation (Proulx, 1999).

Notre objectif est d'aider l'élève à améliorer ses performances en résolution de problèmes, c'est à dire à « rapprocher le comportement des novices de celui des experts » (Goffard, 1994, p. 35).

Pour cela, on se propose dans ce travail de chercher les types d'aides à lui apporter lorsqu'il est en difficulté en résolvant des problèmes de physique notamment ceux du domaine des ondes mécaniques, « aider les élèves à apprendre, ce n'est pas seulement leur demander d'effectuer une somme d'exercices leur permettant d'intégrer un ensemble de techniques, c'est aussi (surtout !) leur faire prendre conscience de certains problèmes, les mettre en situation de réfléchir sur eux-mêmes, et donc les aider à aller vers une plus grande autonomie » (De Vecchi, 2000, p. 233)

Pour cela, nous estimons qu'en premier lieu, il serait souhaitable de le consulter (approche clinique). À cet effet, nous avons mené une enquête par le biais d'un questionnaire papier-crayon. C'est une enquête « consultation » par le biais de laquelle nous avons mis en évidence les points de vue des apprenants sur un certain nombre de « formes d'aides » que nous leur avons proposées.

Présentation du questionnaire

Nous avons élaboré un questionnaire formé de 14 propositions qu'on considère comme des moyens ou des « formes d'aides » à l'apprentissage. Le questionnaire demande aux candidats de donner leur avis sur le plus ou moins grand besoin de chaque « aide » proposée, selon une échelle à quatre niveaux de « besoin » (De Landsheere, 1982), et nous les avons sollicités à justifier leurs choix.

Le questionnaire se termine par une question ouverte où le candidat est appelé à citer d'autres « aides » que nous n'avons pas mentionnées et que les élèves jugent utiles dans la résolution de problèmes de manière générale. Les quatre niveaux de besoin que nous avons adoptés se présentent comme suit : 1 - aucun souhait, 2 - peu souhaitable, 3 – souhaitable, 4 - très souhaitable.

Le questionnaire est anonyme et distribué aux élèves pendant la séance de physique, à la fin de l'étude du chapitre des ondes.

Échantillon sollicité

Nous avons sollicité dans cette étude 94 élèves de lycées en classe de 3^{ème} année secondaire (terminale en France) de la région d'Alger.

ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Dans le but de simplifier l'analyse nous avons choisi de regrouper les réponses en deux catégories : non souhaitable (aucun souhait + peu souhaitable) et souhaitable (souhaitable et très souhaitable), cette procédure nous permettra de dégager des tendances de choix (Tableau détaillé en annexe). Nous avons demandé aux élèves leurs points de vue sur les formes d'aides citées dans le tableau 1.

La question est posée en langue arabe, sa traduction peut être formulée ainsi : « *Lorsqu'on te propose un exercice ou un problème de physique (ondes mécaniques) en classe et que tu trouves des difficultés à le résoudre, parmi les formes d'aides citées dans le tableau suivant, quel est pour toi le plus ou moins grand besoin de chaque aide (selon une échelle à quatre niveaux de besoin) ? Mets une croix dans la case correspondante et justifie ton choix* ». Nous avons enregistré les résultats suivants :

TABLEAU 1
Réponses en % avec : non souhaitable et souhaitable, (N=92)

Formes d'aides		Réponses (%)		
		Non souhaitable	Souhaitable	Sans Rép.
p1	un rappel succinct du cours	19	77	4
p2	un rappel des formules étudiées	26	68	6
p3	un rappel sur l'utilisation de la fonction sinus	36	50	14
p4	un exercice semblable avec une solution succinct.	41	50	9
p5	un nombre réduit d'exercices types, avec des solutions détaillées et approfondies	27	63	10
p6	un grand nombre d'exercices avec des solutions très brèves.	43	50	7
p7	une explication du phénomène physique étudié	20	75	5
p8	une expérience de simulation	37	54	9
p9	travailler en groupe	38	54	8
p10	travailler individuellement sans aide extérieure	60	31	9
p11	des rappels sur la lecture des graphiques et schémas	45	49	6
p12	des cours sur la représentation dans l'espace	58	23	19
p13	recours aux cours de soutien (extrascolaire)	50	43	7
p14	utilisation des TICE (ordinateur, CD, internet, ...)	32	59	9

Les résultats enregistrés dans ce tableau montrent que de manière globale les élèves souhaitent être aidé puisqu'on a comptabilisé une moyenne globale pour « souhaitable » pour toutes les propositions confondues égale à 50%.

Nous avons classé dans le tableau suivant les propositions d'aides par ordre de préférence décroissant et nous nous sommes limités à celles dont le pourcentage dépasse 50%, dans le but de se focaliser sur les plus pertinentes.

TABLEAU 2
Classement des « aides » par ordre de souhait décroissant (N=92)

Formes d'aides souhaitées		Rép. (%)
p1	présentation d'un rappel de cours	77
p7	explication du phénomène physique	75
p2	présentation d'un rappel de formules	68
p5	présentation d'un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées	63
p14	utilisation des TICE	59
p8	présentation du phénomène sous forme de simulation	54
p9	travail en groupe	54

Examinons de près les réponses des apprenants aux différentes propositions, selon notre cadre théorique :

Proposition p1 : présentation d'un rappel de cours

D'après ce tableau, la majorité des élèves considère qu'un rappel de cours est très souhaitable pour les aider à résoudre des problèmes. Ils ont donné les arguments suivants :

- *ça permet l'encrage des idées et une meilleure compréhension du cours ;*
- *ça permet de nous remémorer ce qu'on a oublié ;*
- *avec ça, on peut résoudre les exercices.*

Proposition p7 : explication du phénomène physique

Aussi, pour les trois quart des élèves l'explication du phénomène physique est très souhaitable car elle est nécessaire pour la résolution d'un problème. Ils ont justifié par :

- *sans elle, on ne comprend pas les questions posées ;*
- *ça nous aide à mieux comprendre ;*
- *ça facilite l'exercice.*

Proposition p2 : présentation d'un rappel de formules

68% des élèves demandent qu'on leur donne un rappel des formules utilisées en cours. Ils ont donné les arguments suivants :

- *il y a beaucoup de formules, et ça nous permet de se les rappeler ;*
- *les exercices se résolvent par les formules.*

Proposition p5 : présentation d'un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées

Pour 63% des élèves, faire des exercices types avec des solutions approfondies et détaillées est bénéfique car cela les prépare mieux aux examens, ils ont justifié par :

- *on apprend les méthodes de résolution et on acquiert les compétences ;*
- *facilite la compréhension et permet les révisions ;*
- *permet de passer les examens en étant sûr de soi ;*

Propositions p14 et p8 : (utilisation des TIC) et (présentation du phénomène sous forme de simulation)

Pour les élèves, l'utilisation des TICE et des expériences de simulations sont des aides sollicitées par respectivement 59% et 54% des élèves. Les arguments avancés par ces derniers peuvent se résumer dans :

- *ça aide beaucoup dans la compréhension et permet la consolidation des connaissances ;*
- *développe les capacités d'apprentissage ;*
- *permet de gagner du temps et faire les expériences qu'on ne peut pas voir ;*
- *permet de voir l'expérience avec précision et appréciation ;*
- *facilite la compréhension du problème et permet de le retenir.*

Propositions p9 : travail en groupe

Un peu plus de la moitié des élèves préfère le travail en groupe comparativement au travail individuel car c'est une stratégie d'apprentissage qui d'après ce groupe est profitable. Ils ont donné les justifications suivantes :

- *on apprend des erreurs des autres, et on se corrige mutuellement ;*
- *on s'échange les idées, on discute des points importants ;*

- *si je n'arrive pas à comprendre, un de mes amis me fait comprendre.*

D'un autre côté, les propositions **p10** (travailler individuellement sans aide extérieure) et **p12** (des cours sur la représentation dans l'espace) sont les moins souhaitées par les élèves. En effet, dans le travail en groupe les élèves seraient plus à l'aise, car lorsqu'ils éprouvent une difficulté, ils peuvent communiquer, collaborer, s'entraider, par contre dans le travail individuel *sans aide extérieure* les élèves se retrouvent seuls face aux obstacles. «*Quand des individus sont attelés à une tâche et qu'ils éprouvent une difficulté, leur réaction immédiate n'est pas d'engager un apprentissage, perçu comme long et fastidieux, les détournant de ce qui les mobilise, elle est de résoudre le problème à l'économie, en faisant appel à un expert ou en se procurant l'objet manquant* » (Meirieu, 1997, p. 16).

Aussi, la représentation dans l'espace serait sans doute liée à des obstacles car la géométrie dans l'espace, la représentation ou le dessin dans l'espace à trois dimensions ne sont pas pris en charge convenablement dans les programmes en Algérie notamment pour les filières scientifiques.

Concernant la question ouverte, demandant de proposer d'autres formes d'aides, les élèves ont formulés plusieurs propositions et nous résumons dans ce qui suit les plus pertinentes :

- Ne pas aller trop vite dans les cours ;
- Programmer des séances pour la résolution des exercices ;
- Faire le maximum d'exercices avec des solutions détaillées ;
- Faire des expériences réellement et individuellement ;
- Fournir dans les laboratoires le matériel nécessaire ;
- Utilisation de l'ordinateur ;
- Eviter les questions pièges dans les exercices ;
- La formulation des questions (de l'enseignant) dans les exercices doit être claire et soignée.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les activités de résolution de problèmes sont considérées par les élèves en classe de terminale comme décisives car, de leurs points de vue, c'est à travers ces dernières qu'ils améliorent leurs performances pour la réussite à l'examen du baccalauréat (évaluation sommative), sachant que dans le système scolaire algérien, cet examen se compose d'un ensemble d'exercices.

À cet effet, ces élèves ont tendance à demander toute forme d'aide leur permettant de surmonter les obstacles qu'ils rencontrent dans les différents exercices qu'ils ont à résoudre afin d'arriver à la solution

Les résultats de cette enquête ont montré que les élèves souhaitent être aidés dans leurs tâches de résolution de manière efficace. Ils ont tendance à privilégier certaines pratiques, notamment tout ce qui est rappel (cours, formules), à avoir de plus amples explications concernant les phénomènes étudiés particulièrement par l'usage des simulations.

Certains apprenants pensent que la résolution d'un grand nombre d'exercices avec des solutions détaillées leur permet de maîtriser le domaine étudié en mémorisant les solutions et non la méthode, ils se retrouvent ainsi piégés si le problème n'est pas « coutumier ». Par contre, d'autres optent pour un nombre limité d'exercices avec solutions détaillées, ces derniers ont tendance à comprendre la méthode de résolution et non à mémoriser toutes les solutions. Aussi, nous avons noté que la moitié des élèves favorisent le travail en groupe.

Beaucoup d'élèves ont signalé certaines défaillances dans le système éducatif qui entravent l'apprentissage et par la même l'évaluation. Ils ont signalé le manque de matériel dans les laboratoires qui ne leur permet pas de faire certaines expériences donc de manipuler, l'attitude de certains enseignants, qui voulant terminer un programme trop long, les pousse parfois à aller trop vite au détriment de la compréhension et du suivi des cours.

Enfin, cette enquête nous a permis de consulter les concernés (apprenants) pour avoir leurs avis sur certaines propositions d'aides que nous estimons utiles. L'avis des apprenants est légitime mais n'est pas une exigence en soi, il est pour nous un indicateur et un point d'appui pour faire des propositions de remédiations objectives et pertinentes.

RÉFÉRENCES

- Astolfi J. P., et al. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Paris-Bruxelles: De Boeck.
- Astolfi J. P., & Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*, 40, 13-37.
- Bryan, J. A., & Fennell, B. D. (2009). Wave modelling: a lesson illustrating the integration of mathematics, science and technology through multiple representations. *Physics Education*, 44(4), 403-410.
- Dean, R. H. (1980). A wave is a wave is a wave ...so where is the difficulty. *Physics Education*, 15(6), 373-375.
- De Landsheere, G. (1982). *Introduction à la recherche en éducation*. Paris: Armand Colin-Bourrelier.
- De Vecchi, G. (2000). *Aider les élèves à apprendre*. Paris: Hachette.
- Dumas Carré, A. (1987). *La résolution de problèmes en physique au lycée, le procédural: apprentissage et évaluation*. Thèse d'État, Université Paris VII, France.
- Dumas Carré, A., Gil-Perez, D., & Goffard, M. (1990). Les élèves peuvent-ils résoudre des problèmes? *BUPPC*, 728(1), 1289-1299.
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster* 17, 37-57.
- Fazio, C., Guastella, I., Sperandeo-Mineo, R. M., & Tarantino, G. (2008). Modelling mechanical wave propagating : guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1491-1530.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster* 17, 41-64.
- Goffard, M. (1990). *Modes de travail pédagogique et résolution de problèmes de physique*. Thèse d'État, Université Paris VII, France.
- Goffard, M. (1994). *Le problème de physique et sa pédagogie*. Paris: ADAPT.
- Maurines, L. (1986). *Premières notions sur la propagation de signaux mécaniques : étude des difficultés des étudiants*. Thèse, Université Paris VII, France.

- Mazouze, B. (2011). Raisonnements et difficultés des élèves en résolution de problèmes de physique : cas des interférences mécaniques. *BUPPC*, 931, 221-241.
- Mazouze, B., & Lounis, A. (2012). Les élèves et les représentations graphiques : cas des ondes mécaniques. *Skholé*, 17, 105-113.
- Mazouze, B., & Lounis, A. (2015). Résolution de problèmes et apprentissage des ondes : quels types de difficultés rencontrent les élèves ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 25-40.
- McDermott, L. (1997). Conception des élèves et résolution de problèmes. Retrieved from <http://icar.univ-lyon2.fr/Equipe2/coast/ressources/ICPE/francais/partieC/C1.pdf>.
- Meirieu, P. (1997). *Groupes et apprentissage*. *Connexions*, 68. Retrieved from <https://www.meirieu.com/ARTICLES/groupeetapprentissage.pdf>.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
- Proulx, L. (1999). *La résolution de problèmes en enseignements, cadre référentiel et outils de formation*. Paris-Bruxelles: De Boeck.
- Reif, F. (1983). Comprendre et enseigner la résolution de problèmes en physique. Recherches en didactique de la physique. *Actes du Premier Atelier international* (pp. 3-13). La Londe les Maures.

ANNEXE

Résultats détaillés de l'enquête

NS : non souhaitable, PS : peu souhaitable, S : souhaitable, TS : très souhaitable, SR : sans réponses

TABLEAU 3
Réponses détaillées en % (N=92)

	Formes d'aides	Réponses (%)				
		N.S	PS	S	TS	SR
1	un rappel succinct du cours	4	15	44	33	4
2	un rappel des formules étudiées	11	15	40	28	6
3	un rappel sur l'utilisation de la fonction sinus	24	12	32	18	14
4	un exercice semblable avec une solution succinct.	19	22	28	22	9
5	un nombre réduit d'exercices types, avec des solutions détaillées et approfondies	17	10	30	33	10
6	un grand nombre d'exercices avec des solutions très brèves.	27	16	20	30	7
7	une explication du phénomène physique étudié	3	17	29	46	5
8	une expérience de simulation	19	18	21	33	9
9	travailler en groupe	15	23	23	31	8
10	travailler individuellement sans aide extérieure	29	31	15	16	9
11	des rappels sur la lecture des graphiques et schémas	27	18	29	20	6
12	des cours sur la représentation dans l'espace	41	16	13	11	19
13	recours aux cours de soutien (extrascolaire)	33	17	16	27	7
14	utilisation des TICE (ordinateur, CD, internet, ...)	20	12	19	39	10

Déséquilibre entre contrat et milieu didactiques. Cas de l'enseignement des signaux mécaniques en classe terminale

AFIFA MAHJOUB, CHIRAZ BEN KILANI

*Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue (ISEFC)
Tunisie*

*afifa.mahjoub1@gmail.com
chiraz.benkilani@isefc.rnu.tn*

RÉSUMÉ

Le propos de cet article est de comprendre les raisons de l'inertie du contrat didactique classique qui produit, au secondaire, un enseignement des sciences physiques basé sur une démarche qualifiée d'inductive visant surtout la restitution par les élèves des savoirs factuelles. L'analyse d'une leçon de physique en classe terminale scientifique autour de la propagation d'un signal mécanique mobilise les outils de la théorie de l'action conjointe en didactique. Il apparaît ainsi que la leçon progresse par une série d'effets de contrats qui obligent l'enseignante à dévoiler aux élèves le savoir qu'elle souhaitait leur faire appréhender par eux-mêmes.

MOTS-CLÉS:

Didactique de la physique, théorie de l'action conjointe en didactique, contrat didactique signal mécanique

SUMMARY

The purpose of this article is to understand the reasons for the inertia of the traditional didactic contract that produces, in secondary school, a teaching of physics sciences based on a qualified inductive approach seeking especially the restitution by students with factual knowledge. The analysis of a physics lesson in scientific graduating class about the propagation of a mechanical signal mobilizes tools of the theory of joint action in didactics. It appears, thereby, that the lesson progresses through a series of effects of contract that oblige the teacher to reveal to the pupils the knowledge which she wished to be apprehended by themselves.

KEYWORDS

Teaching physics, the joint action theory in didactics, contract, mechanical signal

INTRODUCTION

L'enseignement des signaux mécaniques constitue une partie importante dans le programme actuel¹ de la terminale scientifique en Tunisie². En tant que modèle d'information à la fois spatiale et

¹ Programme Officiel (PO) Tunisien de l'année 2009. L'importance réside dans la répartition horaire consacrée au thème des ondes qui occupe presque 20 % de l'horaire consacré à la physique.

² La terminale c'est aussi la classe de la quatrième année secondaire dans le cursus scolaire tunisien (PO, 2009).

temporelle (Maurines, 2001), le signal est aussi, une notion centrale qui permet aux élèves d'aborder des outils ou des concepts très importants liés aux ondes et leurs principales propriétés. Dans la littérature didactique, cette notion fait l'objet de plusieurs recherches sur les conceptions et raisonnement commun (voir par exemple la revue des travaux de Maurines, 2001) et sur le changement conceptuel (Benhassoun, 2003).

Nous estimons, dans notre étude, éclairer un domaine qui est, à notre connaissance, encore peu exploré, celui de la description et de l'analyse des pratiques effectives des enseignants autour de la propagation des signaux mécaniques. Notre propos porte sur l'éclaircissement d'une partie des actions des élèves et de l'enseignant autour d'un savoir particulier, celui de la propagation, selon une direction, d'un ébranlement (signal) mécanique visible (signal sur une corde) dont nous allons le situer dans son contexte éducatif puis didactique.

CONTEXTE ÉDUCATIF : POSITIONNEMENT DE L'INSTITUTION

Nous verrons dans un premier temps comment se décline la demande institutionnelle, c'est-à-dire que préconisent les programmes officiels à propos de la propagation d'un ébranlement mécanique quant aux contenus en jeu et la manière de les aborder. Cela nous permettra de voir comment ces demandes institutionnelles pourraient être interprétées par les enseignants et les conséquences de ces interprétations sur les savoirs produits.

Nous nous référons au programme officiel (PO) de l'enseignement secondaire des sciences physiques³ propre à la terminale technique dont le thème des signaux mécaniques constitue sa dernière partie (voir annexe : Tableau 1).

Les connaissances en jeu dans l'institution scolaire

La partie du programme officiel (PO) relative aux ondes mécaniques (voir annexe : Tableau 1) se réduit à l'étude de la propagation d'un ébranlement et à la propagation d'une onde sinusoïdale entretenue. Le PO recommande pour cette partie un enseignement essentiellement expérimental et qualitatif où de nombreuses expériences de propagation de signaux mécaniques (signaux sur une corde, un ressort, de l'eau et signaux sonores) sont présentées aux élèves. Signalons qu'avant d'entamer la partie du programme relative aux signaux mécaniques, les élèves ont eu, au cours de la même année, un enseignement portant sur l'évolution des systèmes électriques et mécaniques.

Ainsi, nous estimons que les connaissances des élèves s'articulent autour de certaines notions (voir annexe : Tableau 2), parmi lesquelles celles qui vont constituer des points d'appui pour l'enseignement des signaux et des ondes mécaniques : mouvement rectiligne sinusoïdal, analyse d'un phénomène périodique, représentation graphique d'une grandeur sinusoïdale en fonction du temps, mesure des durées et des vitesses à l'aide de photo capteurs

Les procédures d'élaboration des connaissances curriculaires au lycée

L'esprit dans lequel les contenus ci-dessus sont enseignés est explicité dans les programmes officiels à travers la pratique d'une démarche scientifique dont le protocole de base consiste à :

- Indiquer les éléments du problème posé;
- Construire des hypothèses;
- Recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées;

³ Programmes de sciences physiques 4èmes année de l'enseignement secondaire, Septembre, 2009.

- Conclure ou déduire...

Les textes institutionnels tunisiens inscrivent ainsi l'enseignement/apprentissage de la physique dans une perspective constructiviste où « *l'élève assume une grande part d'initiative et de responsabilité dans la construction de son savoir et dans l'acquisition de savoir-faire* » (PO, 2009, p. 6). Voici un extrait des propos introductifs des contenus du PO (2009) : « *Systématiser la pratique de la démarche scientifique par la mise en pratique fréquente de son protocole de base (indiquer les éléments du problème posé, construire des hypothèses, recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées, conclure ou déduire...)* » (Ibid., p. 3).

CONTEXTE DIDACTIQUE

Nous donnerons, dans cette partie, des outils de lecture et de compréhension des situations d'enseignement et d'apprentissage de la propagation d'un signal mécanique notamment au travers des obstacles épistémologiques liés à ce concept, repris essentiellement des travaux de Maurines (1986, 2001). En physique, on regroupe sous l'appellation *signal* toute information dépendant du temps et/ou d'espace (Maurines, 2001). Cette double dépendance sous-entend qu'un signal est susceptible de se propager dans l'espace et dans le temps.

En ce qui nous concerne, nous nous intéressons dans cet article aux difficultés soulevées par l'étude de la propagation d'un signal visible suivant une seule direction (celle de la corde) (Maurines, 1986).

La première recherche sur les difficultés soulevées par l'étude des ondes⁴ qui se propagent sur une corde est celle réalisée par (Maurines, 1986). Cette recherche a été menée auprès de 700 élèves n'ayant pas reçu d'enseignement sur les ondes (classes de seconde, première scientifique et technique, terminale technique) et de 600 autres ayant reçu un enseignement sur les ondes (classes de terminale scientifique, trois premières années d'université scientifiques) à l'aide de questionnaires papier-crayon. Les résultats obtenus montrent que les élèves expliquent la propagation d'un signal sur une corde comme si la forme visible « la bosse » qui se déplace, était un *objet matériel* créé et mis en mouvement par la source (la main qui tient l'extrémité de la corde). Maurines interprète ces résultats en reprenant la notion de « *capital* » introduite par (Viennot, 1979) pour le mouvement d'un objet matériel et en l'adaptant au cas d'un signal. Ce *capital* est un concept hybride, mélange de force, de vitesse et d'énergie qui permet à la fois au signal d'exister et de se déplacer. D'après Maurines, un raisonnement en terme de capital conduit les élèves à :

- Appliquer à « la bosse » qui se déplace une « mécanique » de l'objet matériel (la vitesse de propagation du signal dépend de la source et peut varier au cours du temps).
- Établir une interdépendance entre le mouvement transversal d'un point du milieu et la vitesse de propagation, et donc à créer des liens entre les trois grandeurs physiques amplitude du signal, vitesse de propagation, et durée d'un signal.
- Considérer le milieu propageur comme étant un support passif sur lequel une déformation se déplace. Par conséquent, le mouvement d'un point de ce milieu lors de la propagation du signal ne résulte pas d'une interaction avec les points voisins du milieu ayant son origine dans le champ de force interne au milieu.

⁴ Une onde est une succession de signaux mécaniques.

CADRE THÉORIQUE

Dans notre travail, nous nous intéressons à ce qui se passe en classe entre les acteurs du système didactique (professeur et élèves) autour de la propagation d'un signal mécanique suivant une seule direction. Partant de l'idée que pour comprendre l'action du professeur (P) à propos d'un savoir (S), il faut se référer à l'action de l'élève (E) à propos de ce même savoir et vice-versa, il nous paraît que la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) est, dans l'ensemble des travaux sur les pratiques enseignantes, la plus pertinente pour mener les analyses des échanges entre le professeur et les élèves. Cette théorie développée par Sensevy et al. (Sensevy, Mercier & Schubauer-Léoni, 2000; Sensevy et Mercier, 2007; Sensevy, 2011) considère l'action didactique comme une action conjointe où il est impossible de comprendre l'action de P à propos du savoir sans se référer à l'action de E à propos de ce même savoir. Par conséquent, le savoir constitue un objet transactionnel par lequel se dégage la part que chaque transactant (professeur ou élève) joue dans la relation : « si la description est centrée sur les savoirs tels qu'ils sont déployés dans les transactions, c'est parce qu'il est postulé que ce qui donne leur forme à ces transactions (« intrasubjectives » ou « mondaines »), ce sont leur contenus, et que ces contenus sont des contenus de savoir, des contenus épistémiques » (Sensevy, 2007, p. 17).

Le jeu didactique

La TACD considère l'action didactique comme une série de jeux puisque d'après Sensevy (2007, p. 19) : « la notion de jeu peut fournir un modèle pertinent pour mettre en évidence certains aspects du monde social et de l'activité humaine. Le modèle du jeu présente notamment le mérite de souligner les aspects affectifs de l'action (l'investissement dans le jeu) et ses aspects effectifs, pragmatiques (quand et comment gagne-t-on ?) ». Ces jeux⁵ s'inscrivent dans la grammaire générique suivante : Pour gagner l'élève E doit produire proprio motu certaines stratégies (l'élève agit de lui-même pour apprendre). Le professeur P accompagne E mais sans dévoiler directement la stratégie gagnante qu'il connaît (réticence didactique). P gagne lorsque E gagne (l'élève apprend de lui-même). Toutefois, ce jeu est paradoxal dans le sens où c'est P qui atteste le gain de E (donc son propre gain) faisant de lui à la fois « juge et partie ». Ce double rôle de P laisse surgir des tentations de « tricher » au jeu : ce que (Brousseau, 1998) a identifié sous la forme des effets Topaze (donner la règle du jeu) et Jourdain (reconnaitre une stratégie gagnante là où elle n'est pas).

Pour jouer le jeu...

La TACD caractérise les jeux à l'aide de trois systèmes de descripteurs : Le doublet contrat-milieu, le triplet des genèses (mésogenèse, topogenèse et chronogenèse) et le quadruplet des fonctions (définir, dévoluer, réguler et institutionnaliser le jeu). Ce système de descripteurs est indispensable au chercheur pour mener l'analyse du jeu *in situ*. Pour nous, et dans le cadre de cet article, nous cherchons à nous rendre compte de la progression des transactions entre le professeur et les élèves afin de comprendre la nature des interactions entre le contrat didactique et le milieu.

⁵ C'est le point de vue adopté par les équipes de Toulouse et de Lyon où la classe est vue comme une succession de jeux dont la plupart sont didactiques. Le point de vue proposé par Sensevy à Rennes utilise différents types de jeux (Santini, 2013) : les jeux d'apprentissage, les jeux épistémiques sources et cibles.

Le contrat didactique

Cette notion a été conceptualisée par Brousseau (2003) comme étant « l'ensemble des comportements du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître ». Il s'agit donc d'un système d'habitus implicites institué dans la classe qui engendre des attentes réciproques entre le professeur et les élèves à propos du savoir et qui permet aux élèves d'affronter une situation d'apprentissage nouvelle. Toutefois cette notion de contrat est paradoxale à la fois pour l'enseignant et pour l'élève. Pour l'enseignant : « tout ce qu'il entreprend pour faire produire par les comportements qu'il attend, tend à priver ce dernier des conditions nécessaires à la compréhension et à l'apprentissage de la notion visée : si le maître dit ce qu'il veut, il ne peut pas l'obtenir » (Brousseau, 2003, p. 6). Pour l'élève : « s'il accepte que selon le contrat le maître lui enseigne les résultats, il ne les établit pas de lui-même et donc il n'apprend pas ». Ces paradoxes font dire à Brousseau (2003, p. 6) que « l'apprentissage va donc reposer, non sur le bon fonctionnement du contrat, mais sur ses *ruptures et ses ajustements* ». Pour une définition plus large on peut considérer le contrat, comme un système de règles stratégiques que P et E utilisent pour jouer le jeu (Sensevy, 2011).

Le milieu

Le milieu est défini comme l'ensemble de ressources et de contraintes matérielles et cognitives présentes dans la situation didactique (Brousseau, 2003; Sensevy, 2011). Étant donné que l'action didactique est nécessairement conjointe (Amade-Escot & Venturini, 2009) ajoutent que le milieu est ce qui agit sur l'élève et sur le professeur et sur quoi l'élève et le professeur agissent. Il est, de ce fait, en évolution permanente dans l'action conjointe puisque cette dernière vise à installer dans la classe une référence (contexte) raisonnablement commune pour arriver à s'entendre dans l'action et permettre l'émergence d'un nouveau savoir (Shubauer-Leoni, 2008).

La mise en jeu d'un contrat et d'un milieu

Un jeu prend place nécessairement dans un « milieu » dont le contrat devrait permettre à l'élève de s'y orienter. Par conséquent, les transactions didactiques se comprennent dans une dialectique contrat-milieu dans le sens où le professeur conduit ses élèves à mobiliser les stratégies présentes dans le contrat didactique afin que ces derniers interagissent avec le milieu pour s'approprier un savoir nouveau.

Selon un point de vue piagétien, Sensevy (2002, p. 25) défend la conception adaptationniste de l'action : « agir, c'est s'adapter à un environnement ». Deux situations découlent de cette modélisation piagétienne. La première est que le milieu (qui est attaché à la question à résoudre) peut être « résolu » à partir des éléments du contrat. On parle donc « d'assimilation » de la situation par le contrat. La deuxième est que le milieu n'est pas « résolu » par le contrat en cours donc nécessité « d'adaptation » de certains éléments du contrat en cours et par la suite le contrat évoluera. Dans ce sens, (Cariou, 2013) insiste sur le caractère « antagoniste » du milieu qui doit résister et provoquer un déséquilibre avec le contrat présent car, « s'il suffisait d'appliquer tel quel le contrat dans toute situation nouvelle, alors les élèves n'apprendraient rien de nouveau. De même, si le milieu n'est pas perçu comme antagoniste au contrat (par exemple, si l'on considère qu'il suffit simplement de regarder l'enseignant manipuler) alors les élèves ne se confrontent pas non plus au milieu » (Cariou, 2013, p. 10). Cariou ajoute que « la réussite de l'activité didactique, modélisée en terme de « gain » au jeu didactique dépendra du rétablissement de l'équilibre entre un milieu antagoniste et un contrat didactique renouvelé qui aura intégré des démarches et des savoirs nouveaux par les interactions avec ce milieu. Cette *équibration didactique* nouvelle signale l'effectivité de l'apprentissage et fait avancer le temps didactique » (Ibid., p. 10).

Question de recherche

Nous allons donc observer la question de l'équilibre entre contrat et milieu en mobilisant le quadruplet des fonctions du jeu (définition, dévolution, régulation et institutionnalisation) pour décrire la progression du premier jeu de la séance filmée dans le but de répondre à la question suivante : Quelle relation existe entre contrat et milieu lors du jeu « décrire le mouvement d'un point quelconque d'un milieu en le comparant à celui d'un point considéré comme source d'ébranlement (signal mécanique) » dont l'enjeu est d'inférer le principe de propagation du signal dans un milieu élastique illimité ?

MÉTHODOLOGIE

Nous nous intéressons à la séance introductive à l'étude des ondes mécaniques en classe de quatrième année sciences techniques (terminale technique). En effet, d'après le programme officiel (PO), cette séance vise à introduire la notion d'onde par la réalisation d'expériences permettant de générer un ébranlement dans un milieu élastique (corde, ressort et surface libre d'un liquide) et à inférer, par la suite, le principe de propagation de l'ébranlement.

La séance filmée est une séance de Travaux Pratiques (TP). L'enseignante observée exerce depuis une trentaine d'années dans l'un des plus grands lycées de la banlieue sud de la capitale.

Nous nous sommes inspirés de la méthodologie proposée par (Leutenegger, 2003). Il s'agit de mettre en correspondance en les articulant, les informations issues de corpus relatifs aux différents éléments :

- L'activité de l'enseignante en classe : c'est la séquence filmée intitulée : *Propagation d'un ébranlement*. Celle-ci, débute le thème des ondes mécaniques (PO, 2009) et traite de l'existence de deux types d'ébranlement, l'un transversal et l'autre longitudinal, ainsi que les propriétés de leur propagation dans différents milieux élastiques de différentes dimensions. Le film est un montage de trois caméras, disposées de façon à filmer les élèves de face (position 1) et de dos (position 2). La troisième caméra suit le déplacement de l'enseignante et zoome éventuellement sur le tableau (position 3).
- Les documents distribués aux élèves (fiche TP à compléter à propos des différentes étapes du TP : expérience, observations, interprétations et définitions)
- Les enjeux didactiques, en termes de savoirs et de démarches, repérés au regard des programmes officiels et manuel scolaire;
- Les objectifs et les analyses de l'enseignante à propos de la séance observée : Un questionnaire *ante*-séance et un entretien *post*-séance ont été réalisés avec elle pour obtenir une première analyse à chaud de son activité.

Nous avons ensuite transcrit la séance à l'aide du logiciel Transana, qui permet de traiter des fichiers numériques audio ou vidéo, et qui est déjà utilisé dans plusieurs recherches en didactique (Seck, 2008; Venturini & Tiberghien, 2012). Nous avons découpé la séance en référence à la TACD, en jeux didactiques⁶, qui correspondent aux moments dans la séance où l'enseignante donne des règles définitives d'action pour les élèves. Cette structuration, où seuls les jeux et les temps apparaissent, correspond au synopsis de la séance (voir annexe : Tableau 3). Nous intitulons

⁶ Le jeu ici est identifié par l'identification de la règle du jeu et de l'enjeu du savoir (à quoi voit-on que l'élève gagne au jeu ?).

chaque jeu en fonction de la tâche que doivent réussir les élèves pour gagner le jeu, et avons décrit sommairement son déroulé.

RÉSULTATS

Nous proposons ici de présenter les résultats relatifs à l'analyse et la description de la progression au cours du premier thème du premier jeu de la séance que nous symbolisons par (T1J1). L'enjeu est d'inférer le principe de propagation d'un signal mécanique dans un milieu élastique illimité (la corde comme exemple), à savoir que chaque point du milieu élastique reproduit le mouvement de la source étant donné que la propagation du signal résulte d'une interaction des points voisins.

Pour se rendre compte de la progression des transactions entre le professeur et les élèves au cours de ce jeu, nous effectuons une analyse didactique des interactions sur les plans discursif et aussi gestuel permettant par la suite de comprendre la nature des interactions entre le contrat et le milieu dans ces situations d'apprentissages en jeu.

La définition du jeu

Tout d'abord, nous signalons que l'analyse de la fiche TP (que P a préparée et distribuée aux élèves) montre que P s'aligne avec le programme officiel (PO) dans le choix des exemples d'expériences proposées : signaux sur une corde, un ressort, dans l'eau et signaux sonores. Ensuite, la construction du synopsis de la séance montre que P utilise la même démarche⁷ tout le long de la séance qui consiste à réaliser l'expérience devant les élèves puis leurs demander d'observer ce qui se passe.

Cette démarche met clairement en avant la prégnance en classe du *contrat classique* (Johsua & Dupin, 1989) qui repose sur une démarche inductiviste privilégiant l'observation. En effet, dans sa première intervention c'est-à-dire son premier tour de parole (Tdp 1), P utilise six fois le verbe « voir » et une fois le verbe « observer ».

Nous développons dans l'extrait suivant la manière dont le savoir est construit au cours du jeu (T1J1) Pour le jeu cité, la règle du jeu est définie dès le début de la séance. En effet, l'enseignante (P) expose aux élèves la démarche qu'elle va suivre en disant: « je vais faire subir à différents milieux élastiques un ébranlement [...] et voir ce qui se passe ensuite » (Tdp1).

Extrait n° 1. Extrait du thème 1. jeu1: « observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde »

1. P : le premier exemple est l'exemple du milieu élastique qui est une corde, que vous avez là, et la déformation brève ou rapide de cette corde (elle montre la corde qui n'est autre qu'un ressort); en fait, c'est pas une corde mais c'est l'équivalent de cette corde, ça sera de soulever l'extrémité de la corde rapidement verticalement et de la ramener en son point initial (*elle ferme la porte de la salle tout en continuant à parler*). donc la déformation ça sera le mouvement de l'extrémité de la corde vers le haut et de la ramener vers le bas et je vais voir ce qui se passe. Alors pour ça, je vais viser, marquer un ↑ point de cette corde /un peu de couture(*elle fait sortir un fil orangé de son cartable*), je vais marquer un point de cette corde par exemple celui-là, en lui/un petit nœud orangé(*elle marque un point quelconque de la "corde" avec un fil de couture orangé*)... /okay/ et vous observez ici ce que, ce qui va se passer au niveau du point A que je vais soulever et ramener puis voir ce qui

⁷ Une démarche empirico-inductiviste résultant d'un contrat classique dans la classe de physique.

se passe en n'importe quel point de cette corde, enfin entre guillemets, et en particulier celui-là, donc je soulève(*elle soulève l'extrémité de la corde*)

2. E1: c'est joli (*rire*)

3. P : mais à part que c'est joli, donc **vous regardez** le mouvement de ce point (*elle refait la même opération*). **Qu'est ce qu'il a fait ce point?** (*un élève se met debout pour mieux suivre l'opération*)

4. E1 : il donne (l'élève *tend sa main dans le sens où "se déplace la déformation"*)

5. E3 : il l'envoie puis il lui revient

6. P : donc il re, il bonde puis il redescend comme↑ a fait (*elle pointe du doigt l'extrémité de la corde où c'est produite la déformation*)

7. E2 : le premier point

8. P : le premier point que, moi, le mouvement, je lui ai imposé

9. E2 : il refait le même mouvement que (inaudible)

Le premier exemple par lequel P commence la séance est celui de la corde qu'elle marque l'un de ses points (autre que les deux extrémités) par un fil orangé en faisant un nœud. Elle s'adresse ensuite aux élèves en leur disant : « [...] **observez** ici ce que, ce qui va se passer au niveau du point A que je vais soulever et ramener puis **voir** ce qui se passe en n'importe quel point de cette corde, enfin entre guillemets, et en particulier celui-là, donc je soulève (*elle soulève l'extrémité A de la corde*) » Tdp1. Le propos de P (Tdp1) nous renseigne sur ce que sont les savoirs dans cette classe : c'est une affaire d'observation⁸.

Cette façon de procéder est une manière d'installer les élèves dans un contrat didactique tel que, en sciences, on a à étudier des savoirs issus directement de l'observation d'expériences manipulées souvent par l'enseignante. Cependant l'observation de l'élève (E1) aboutit à l'échec, ce qui amène P à reformuler la consigne en utilisant cette fois-ci le verbe « regarder » en Tdp3. La suite des échanges (du Tdp 4 à Tdp 11) montre que les élèves ne parviennent pas à faire « l'observation » que P attendait d'eux. En effet, E1 en Tdp 4 observe qu'il [le point A] donne [la déformation] (c'est proposé par nous). Quant à E3 en Tdp 5, elle observe qu'il [le point A] envoie [la déformation] puis il [la déformation] lui revient puisqu'elle décrit ce qu'elle voit réellement : la déformation subit une réflexion. Face aux difficultés des élèves, P choisit d'adopter un discours « à trous » et des techniques de désignation et d'ostension pour orienter les élèves vers le savoir qu'elle veut institutionnaliser. Ainsi, au Tdp 6, elle désigne grâce à un geste de pointage du doigt l'élément sur lequel les élèves doivent prendre appui pour construire leur observation : Il s'agit en fait de comparer le mouvement du point M visé par le nœud orangé avec celui du premier point A (point de l'extrémité de la corde). Le rôle des élèves reste à deviner les intentions du professeur ce qui provoque un *glissement du jeu* dans le sens où l'enjeu n'est plus le savoir en question mais plutôt le décodage les intentions de l'enseignante. On considère alors que le contrat « envahit » le milieu et empêche les élèves de se confronter aux potentialités offertes par ce dernier (Marlot, 2008).

Devant une telle situation et pour faire progresser le temps didactique, P est obligée de délivrer aux élèves la réponse attendue (Tdp 6 et 8 : « donc il re, il bonde puis il redescend comme↑ a fait (*elle pointe du doigt l'extrémité de la corde où c'est produite la déformation*) le premier point que, moi, le mouvement, je lui ai imposé »). En conclusion, le contrat présent dans la classe empêche les élèves de comprendre que la question posée suppose une identification du mouvement

⁸ Pour Bachelard (1934), observer n'est pas voir : « l'observation scientifique est toujours une observation polémique ; elle confirme ou infirme une thèse antérieure, un schéma préalable, un plan d'observation ; elle montre en démontrant ; elle hiérarchise les apparences ; elle transcende l'immédiat ; elle reconstruit le réel après avoir construit ses schémas ».

du point M de la corde avec le mouvement du point A, source de la déformation, et que la progression résulte d'une interaction du proche en proche des points du milieu.

Les réponses des élèves E1 et E3 (Tdp 4et Tdp 5) montrent la prégnance du contrat *classique* qui conduit spontanément les élèves à décrire ce qu'ils observent sans se conformer à la règle du jeu que l'enseignante vient de définir.

L'impossible dévolution et l'impossible régulation du jeu didactique

La seconde phase du quadruplet des fonctions didactiques du jeu est celle de la dévolution (Brousseau, 2003). En effet, le professeur va faire en sorte que l'élève prenne la responsabilité de l'apprentissage, qu'il assume la responsabilité de jouer vraiment au (le) jeu. Il veut s'assurer ainsi que les élèves produiront un rapport adéquat au milieu pour mettre d'eux-mêmes en œuvre une stratégie qui les conduise sur le chemin du savoir à construire.

La dévolution suppose en effet, du côté du professeur, une forme de réticence à dévoiler tout ce qu'il sait, afin que les élèves « jouent le jeu », et déploient d'eux-mêmes, *proprio motus*, les stratégies d'apprentissage pertinentes. Si le professeur dévoilait aux élèves les connaissances nécessaires au déploiement de la stratégie gagnante, alors les élèves ne pourraient pas produire cette stratégie de leur propre chef et il n'est pas certain qu'ils puissent apprendre quelque chose. Par la clause *proprio motus*, l'élève accepte d'abandonner le déchiffrement des intentions du professeur pour se confronter aux choses du monde actualisées dans un milieu nouveau et que le contrat présent ne peut pas totalement assimiler (Sensevy, 2011, p. 199).

Pourtant, dans les jeux didactique où le contrat envahit le milieu, il semble que l'espace réservé aux élèves dans la co-construction du milieu est restreint au sens où P dévolue aux élèves des tâches de faible densité épistémiques au cours desquelles ils ont la charge de fournir une réponse à une question, de recopier correctement un dessin du tableau ou de prendre des mesures. C'est bien d'une dévolution d'une tâche dont il s'agit et pas de la dévolution d'une prise en charge du savoir.

Au cours du déroulement du quadruplet du jeu, la phase de *régulation* permet en effet au professeur de réguler le comportement des élèves afin qu'ils produisent les «stratégies gagnantes» en leur rappelant les règles du jeu, en validant ou invalidant leur réponses, etc.

Cette régulation est orientée vers l'équilibration du contrat et du milieu. Cette phase de régulation est suivie d'une phase d'*institutionnalisation* qui reconnaît la validité des connaissances produites pendant le jeu d'apprentissage. Ce nouveau savoir est donc institutionnalisé dans la classe comme un savoir partagé dans l'arrière-plan du contrat didactique spécifique de la classe (Brousseau, 1998).

Une dévolution de tâches dans un espace restreint pour les élèves

Revenons au jeu (T1J1) où l'enseignante tente de dévoluer aux élèves la responsabilité de l'interprétation de l'expérience de la corde (Tdp 15 : « donc chaque point de cette corde va effectuer quel mouvement ? ») :

Extrait n° 2. Extrait du thème 1. Jeu 1:«observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde»

16. E2 : euh...

17. P : **sa direction?** (*elle déplace son doigt suivant la verticale*)

18. E4 : oy

19. E2 : vertical
 20. P: verticale. **Donc chaque point va effectuer un mouvement vertical vers le haut puis vers le bas et revenir à sa position** (elle pointe l'extrémité)
 21. E : initiale
 22. P : **initiale/ de la même façon que...** (Elle pointe l'extrémité)
 23. E2 : le premier point
 24. P : **ce qu'a fait ce premier point**

Dans cet extrait, la dévolution suppose un certain nombre de régulations de la part de l'enseignante située ici à la limite de l'effet Topaze (Tdp17 : « sa direction ? » ; Tdp 22 : « de la même façon que... »). Ces dernières visent l'inférence par les élèves du principe de propagation du signal, à savoir : « tout point du milieu reproduit le mouvement de la source ». Les interventions des élèves montrent à nouveau qu'ils procèdent à une lecture des gestes de l'enseignante réduisant leur rôle à un jeu de devinette. La prégnance du contrat *classique* conduit les élèves à mobiliser une stratégie peu pertinente (deviner les attentes de l'enseignante) et produit à nouveau un envahissement du milieu par le contrat.

Les derniers échanges du jeu (Tdp 29-41) montrent comment l'enseignante prend la charge de dessiner elle-même l'aspect de la corde à différents instants. Elle commence par reproduire au tableau les deux dessins figurant déjà sur la fiche TP représentant l'aspect de la corde aux instants t1 et t2 (Tdp31 et35).

Figure

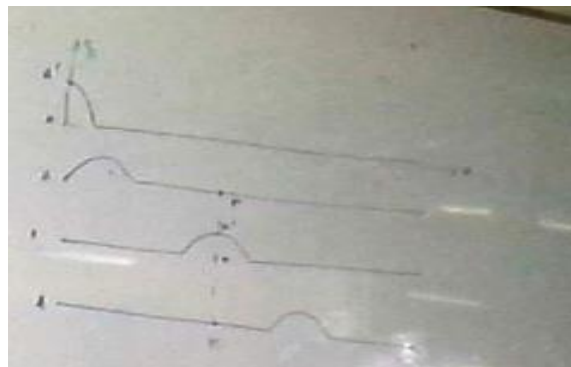


Image du tableau à la min (00 06 42)

Elle demande ensuite aux élèves de lui dire comment elle va dessiner la suite c'est-à-dire l'aspect de la corde aux instants t3 et t4 (Tdp37).

Extrait n° 3. Extrait du thème 1. Jeu 1:«observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde»

29. P : (...) donc on va dessiner ce que l'on a observé// alors, le premier schéma (elle regarde la fiche de TP) j'ai mis le point A j'ai mis ou je n'ai pas mis?
 30. E3 : euh oui, non

31. P : ah, j'ai fait les deux premiers schémas. Donc j'ai mis ça (*elle dessine l'aspect de la corde au tableau*): la corde à un instant t1 où le point A qui était là, c'est retrouvé en A' donc c'est moi que je l'ai soulevé vers A' puis je l'ai ramené en A
32. E3 : celle-ci c'est A' donc?
33. P : je crois (*elle se penche sur la fiche de l'élève qui est en fait la sienne*) oui c'est A' en haut (*elle se dirige vers la porte pour l'ouvrir et un élève rentre*)
(...)
35. P : [...] bon; donc ça c'est moi qui imposait ce mouvement du point A à A' puis j'ai ramené A' en A j'ai obtenu ceci (*elle dessine l'aspect de la corde à l'instant t2*)
36. E3 : oui
37. P : ensuite de quoi? Comment je vais dessiner la suite?
38. E2 : euh, de la même façon, avance vers l'avant
39. E3 : avance
40. P : donc, j'ai un plat, puis je vais obtenir ceci, ...combien y'a de schémas sur la fiche
41. E1 : quatre, il y'en a quatre

Les réponses des élèves à la question : « comment je vais dessiner la suite ? » (Tdp 37) nous laissent estimer que ces deniers soit, qu'ils donnent la priorité à des informations qui viennent d'être institutionnalisées dans la classe : c'est une reproduction à l'identique de ce qui est fait par l'enseignante dans les deux premiers dessins (Tdp 38 et 39), soit qu'ils laissent surgir leur conception à propos du rôle que peut avoir le milieu (traité comme milieu passif) dans la propagation d'un signal (Maurines, 1986). En effet, l'utilisant des mots comme *avance* et *se déplace* montre que les élèves attribuent au signal le statut d'un point matériel en mécanique classique. Dans une telle situation le contrat envahit de nouveau le milieu laissant voir dans les transactions orales de cet extrait un déséquilibre dans la topogénèse, c'est-à-dire dans les places occupées respectivement par l'enseignante et les élèves lors de cette situation d'apprentissage. L'enseignante, en position haute, fournit aux élèves le savoir qu'elle veut institutionnaliser c'est-à-dire elle relâche toute réticence concernant la stratégie gagnante du jeu.

Les caractéristiques du contrat comme celles du milieu produisent alors un glissement du jeu puisqu'elles éliminent la clause proprio motu et empêchent ainsi la réticence et la dévolution du jeu.

DISCUSSION

Cette étude de cas met en avant certaines des caractéristiques du contrat dominant une classe de terminale lors de l'enseignement de la propagation d'un signal mécanique sur une corde. Nous avons constaté en permanence l'envahissement du milieu par le contrat qui provoque le glissement du jeu didactique. Comme le contrat *classique* favorise le jeu d'observation et laisse les élèves jouer les devinettes, il s'avère impossible de dévoluer à ces derniers la responsabilité de construire le savoir. Le jeu didactique perd de sa densité épistémique et la régulation du jeu se voit réduite à une série d'effets Topaze.

Les régulations aux minima montrent que le milieu est sous le contrôle de l'enseignante. Les caractéristiques de la mésogénèse- par laquelle le chercheur rend compte de l'organisation du milieu- empêchent la confrontation des élèves au milieu car ils sont pris dans la course à la devinette. Elles produisent l'envahissement du milieu par le contrat ainsi qu'un glissement du jeu

didactique qui découle de la nécessité de faire avancer le temps didactique. Par conséquent, la chronogenèse c'est-à-dire la succession d'objets de savoir sur l'axe du temps de la séance avance rapidement. Enfin, la place respective occupée par le professeur et les élèves dans leurs transactions autour du savoir, décrite en terme de topogenèse, signale la permanence d'une position topogénétique haute de l'enseignante. Cette posture laisse peu de place à l'initiative des élèves (Sensevy, 2011). Ainsi, l'analyse en termes de triplet des genèses produit, elle aussi, une description des déséquilibres perçus dans la séance.

De point de vu comparatiste, ce constat dans une classe de physique est dans la même lignée que celui avancé par Cariou (2013) dans une classe d'histoire malgré les différents contextes. Nous estimons que la prégnance du contrat *classique* résulte de la difficulté que trouvent les enseignants pour rénovier l'enseignement scientifique selon les prescriptions actuelles.

RÉFÉRENCES

- Amade-Escot, C., & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique: d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Education & Didactique*, 3(1), 7-43.
- Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris: PUF.
- Benhassoun, S. (2003). *Enseignement-apprentissage des ondes dans les lycées tunisiens: un essai de remédiation*. Thèse de Doctorat en didactique des sciences physiques, Université Claude Bernard Lyon I & Université de Tunis, France et Tunisie.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Brousseau, G. (2003). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. Retrieved from http://math.unipa.it/~grim/Gloss_fr_Brousseau.pdf.
- Cariou, D. (2013). Les déséquilibres entre contrat et milieu dans une séance d'histoire à l'école primaire. Une étude exploratoire. *Education et Didactique*, 7(1), 9-32.
- Joshua, S., & Dupin, J. J. (1989). *Représentation et modélisation: Le débat scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne: Peter Lang.
- Leutenegger, F. (2003). Étude des interactions didactiques en classe de mathématiques : un prototype méthodologique. *Bulletin de Psychologie*, 56(4), 559-571.
- Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques : Deux études de cas en Découverte Du Monde Vivant au cycle II de l'école élémentaire*. Thèse de Doctorat, Université Rennes 2, France.
- Maurines, L. (1986). *Premières notions sur la propagation des signaux mécaniques: étude des difficultés des étudiants*. Thèse de Doctorat, Université Paris 7, France.
- Maurines, L. (2001). *Le raisonnement géométrique en termes d'objet dans la physique des ondes*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches en didactique des sciences physiques, Université Paris 7, France.
- Programme Officiel. (2009). *Programmes de sciences physiques: 3ème année & 4ème année de l'enseignement secondaire*. Tunis: C.N.P.
- Santini, J. (2013). Une étude du système de jeux de savoirs dans la théorie de l'action conjointe en didactique. Le cas de l'usage des modèles concrets en géologie au Cours Moyen. *Education & Didactique*, 7(2), 69-94.

- Seck, M. (2008). Analyse de la « vie » du savoir en classe de physique. Cas de l'énergie en 1^{er} S. *Didaskalia*, 33, 89-119.
- Sensevy, G. (2002). Des catégories pour l'analyse comparée de l'action du professeur : un essai de mise à l'épreuve. In P. Venturini, C. Amade-Escot & A. Terrisse, *Pratiques effectives: l'approche des didactiques* (pp. 25-46). Grenoble: La pensée sauvage.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Dans G. Sensevy & A. Mercier, *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 13-49). Rennes: PUR.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles: De Boeck.
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007). *Agir Ensemble*. Rennes: PUR.
- Sensevy, G., Mercier, A., & Schubauer-Leoni, M.-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. À propos de la course à 20. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(3), 263-304.
- Shubauer-Leoni, M. L. (2008). La construction de la référence dans l'action conjointe professeur-élève. Dans N. Wallian, M. Poggi, & M. Musard (Éd.), *Co-construction des savoirs: les métiers de l'intervention par les APSA* (pp. 67-86). Besançon: PUFC.
- Venturini, P. & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimie: étude de cas au collège. *Revue Française de pédagogie*, 180, pp. 95-120.
- Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Hermann.

ANNEXES

Tableau 1

Extrait des progressions pédagogiques pour la 4ème technique (PO, 2009, p. 132)

Objectifs	Exemples de questionnement et d'activité	Contenu
<input type="checkbox"/> Distinguer entre une onde transversale et une onde longitudinale. <input type="checkbox"/> Reconnaître que la propagation d'une onde est due à une propagation d'énergie sans transport de matière. <input type="checkbox"/> Réaliser une expérience illustrant la propagation d'une onde sinusoïdale dans un milieu homogène et isotrope. <input type="checkbox"/> Identifier, dans un milieu de propagation donné, les propriétés dont dépend la célérité d'une onde.	<input type="checkbox"/> Faire propager un ébranlement : - le long d'une corde élastique tendue, - le long d'un ressort, - le long d'une échelle de perroquet, - à la surface d'une nappe d'eau dans une cuve à ondes. Observer dans chaque cas l'ébranlement et comparer la direction de sa propagation avec la direction de la déformation locale du milieu de propagation. <input type="checkbox"/> Mesurer la célérité : - d'un ébranlement se propageant le long d'une échelle de perroquet à l'aide de capteurs placés devant deux barreaux de l'échelle, - du son à l'aide de deux microphones reliés chacun à une entrée d'un oscilloscope.	I. Ondes mécaniques progressives I-1. Notion d'onde -Onde transversale et onde longitudinale - Célérité d'une onde

Tableau 2

Liste des prérequis des élèves avant l'apprentissage des signaux et des ondes mécaniques. (PO, 2009, pp. 123-131)

Prérequis des élèves avant l'apprentissage des signaux et des ondes mécaniques (selon le programme officiel)

- mouvement rectiligne sinusoïdal
- période, fréquence et pulsation
- amplitude, élongation
- énergie mécanique
- représentation graphique d'une grandeur variable en fonction du temps
- calcul et mesure de vitesses

Tableau 3
Extrait du synopsis de la séance (les vingt premières minutes)

Thème (T)	Chrono /durée/	Tour de parole	Descriptif des différents jeux constituant la séance (P : prof, JT : jeu et thème)
			Installation des élèves
T1: propagation d'une déformation dans un milieu à une seule direction (corde et ressort)	(00 00 33→00 10 17)/9:44	1→93	J1T1. Observer puis décrire le mouvement d'un point de la corde P commence par donner la définition de l'ébranlement en avançant l'idée qu'il existe « <i>différents types d'ébranlements pour différents milieux élastiques</i> » et demande aux élèves d'observer puis de décrire le mouvement d'un point de la corde en le comparant à celui de l'extrémité.
	(10:17→12:23)/2:06	94→115	J2T1. Comparer deux directions pour en déduire le type de l'ébranlement : P demande aux élèves de donner le type de l'ébranlement en comparant les deux directions : celle du mouvement de l'ébranlement et celle de la propagation.
	12:23→ 18:29/06:03	116→ 195	J3T1. Observer puis décrire le mouvement d'une zone comprimée du ressort P demande aux élèves d'observer puis de décrire ce qui se passe à la zone de compression qu'elle vient de provoquer à l'extrémité du ressort en avançant l'idée que cette zone « <i>va progresser le long du ressort mais à la différence de toute à l'heure</i> ».
	(18:29→20:00)/01:31	196→222	J4T1. Déterminer la dimension du milieu propageur : P revient sur les exemples précédents (la corde et le ressort) et demande aux élèves d'en déduire la dimension géométrique de chaque milieu propageur.

Effets de la méthode coopérative par la technique jigsaw dans l'enseignement/apprentissage actuel

KETTIE SAINT FLEUR, NICOLE MENCACCI, JÉRÉMY CASTERA

Aix Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
Kettie.saintfleur@etu.univ-amu.fr
Nicole.mencacci@univ-amu.fr
Jeremy.castera@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

L'apprentissage coopératif par la technique jigsaw est largement encouragé dans l'enseignement/apprentissage actuel. L'objectif de cet article vise à analyser cette technique à travers la littérature récente. La recension effectuée amène la présentation d'un canevas de l'apprentissage coopératif par la technique jigsaw, ainsi qu'une analyse d'un corpus de quinze articles récents tirés de la base de données Eric en tapant « technique jigsaw ». Sont alors mis en évidence les impacts provoqués sur l'apprentissage et sur le développement des différentes compétences constatées ainsi que d'autres questions qui restent à explorer.

MOTS-CLÉS

Apprentissage coopératif, technique jigsaw, développement des compétences, enseignement/apprentissage

ABSTRACT

Cooperative learning the jigsaw technique is widely encouraged in the teaching / learning current. The objective of this article is to analyze this technique through the recent literature. The review conducted brings the presentation of a framework of cooperative learning in the jigsaw technique, and an analysis of a body of fifteen recent articles from the Eric data base by typing "jigsaw technique". Are then highlighted the impacts caused on learning and on the development of different skills recognized and other issues that remain to be explored.

KEYWORDS

Cooperative learning, jigsaw technical, skills development, teaching/learning

INTRODUCTION

Sur la base de la littérature scientifique, les méthodes coopératives et collaboratives et notamment la technique jigsaw, sont de plus en plus employées dans le cadre de l'enseignement/apprentissage. D'ailleurs, en 2015, l'enquête PISA évalue les compétences des élèves en situation de résolution collaborative de problèmes. Les méthodes coopératives et collaboratives permettent le développement des compétences qui visent non seulement à mieux faire acquérir des connaissances mais aussi à développer des relations interpersonnelles en situation d'apprentissage (Baudrit, 2007). C'est ainsi que chercheurs et praticiens (Aronson, 1979; Johnson, Johnson & Smith, 1998; Husain, Husain, Samad & Wahab, 2013) évoquent depuis toujours les effets du travail d'équipe comme : la motivation, l'autonomie, l'esprit

d'initiative, capacité à communiquer...dit coopératif sur l'apprentissage des élèves. Méthode selon laquelle les élèves apprennent les uns des autres en contexte scolaire. En ce sens, la coopération et la collaboration sont souvent confondues. La première exige un travail d'équipe avec des responsabilités spécifiques qui peuvent être contrôlées. Dans la seconde, chaque membre du groupe travaille individuellement pour atteindre l'objectif visé. Néanmoins, les deux font référence à des activités collectives impliquant deux ou plusieurs personnes dans un objectif commun. L'une est plus structurée que l'autre. L'objectif de cet article vise à analyser à travers la littérature récente la technique jigsaw dans le cadre des situations d'enseignement/apprentissage.

CARACTÉRISTIQUES DE L'APPRENTISSAGE COOPÉRATIF

À travers les littératures recensées, selon VCSMR & Rao (2013) cinq éléments caractérisent l'apprentissage coopératif.

TABLEAU 1
Piliers de l'apprentissage coopératif

L'apprentissage coopératif				
Interdépendance Positive La réussite du groupe est conditionnelle à la contribution et la réussite de chaque membre du groupe.	Responsabilité individuelle Chaque membre du groupe doit apporter sa contribution et sa performance à travers la tâche qui lui est assignée.	Promotion des interactions À travers les échanges les membres d'un groupe influencent les uns sur les autres par des capacités différentes.	Habiletés sociales Les échanges à travers des points de vue différents permettent d'augmenter les compétences interpersonnelles.	Processus de groupe Chaque groupe réfléchit sur sa performance et sur la façon de l'améliorer.

- L'interdépendance positive : elle permet aux élèves d'un groupe coopératif de percevoir que leur réussite dépend de celle des autres élèves avec qui ils sont associés, en vue d'atteindre un objectif commun. En l'absence de l'interdépendance positive, il est difficile de parler de coopération. Elle est l'élément central de l'apprentissage coopératif.
- La responsabilité individuelle : elle est présente lorsque les élèves se sentent responsables de leurs apprentissages et perçoivent que leur propre effort, participation et engagement dans la tâche, sont essentiels à l'atteinte des objectifs fixés pour le groupe.
- La promotion des interactions : elle existe lorsque les élèves issus d'un groupe de travail mixte, c'est-à-dire avec des capacités d'apprentissage différentes, encouragent les efforts mutuels afin d'atteindre les objectifs fixés pour le groupe.
- Les habiletés sociales : elles permettent de dynamiser les échanges et de favoriser les interactions. Ce qui assure une certaine efficacité collective et des gains individuels car, ils sont amenés à progresser individuellement en agissant ensemble.
- Les processus de groupe : ils impliquent que les élèves du groupe analysent leur travail et évaluent la qualité de la contribution de chacun des membres du groupe de façon à offrir et à recevoir des rétroactions constantes sur les comportements et attitudes mobilisés, ainsi que sur le travail.

De ce fait, en s'appuyant sur Sumpth & Fourcade (2013), nous pouvons dire que l'apprentissage coopératif consiste à apprendre avec les autres, par les autres, pour les autres et non pas seulement contre les autres. Parmi les techniques permettant de réaliser l'apprentissage coopératif, nous avons choisi de nous intéresser à la technique jigsaw.

La technique jigsaw est une stratégie d'apprentissage coopératif qui a été élaborée par le sociologue américain Elliot Aronson (1979), dans l'idée de permettre aux élèves de coopérer (Voyles, Bailey & Durik, 2015). C'est une technique active selon laquelle les élèves travaillent en petit groupe pour réaliser une tâche assignée par l'enseignant. Elle permet aux élèves de devenir des experts d'un aspect d'un sujet déterminé par l'enseignant et de partager leurs connaissances avec les autres.

Des recherches ont suggéré quelques étapes à suivre pour assurer la réussite de la mise en œuvre de la technique jigsaw dans une classe. (Aronson, Wilson & Brewer, 1998) cité par (Husain et al., 2013).

- L'enseignant doit suivre graduellement les étapes quand il utilise la technique jigsaw pour la première fois.
- Le nombre des élèves dans chaque groupe doit être suffisant pour générer la discussion sur le sujet donné (quatre ou cinq élèves par groupe).
- Les groupes doivent être formés par l'enseignant de manière hétérogène c'est-à-dire que chaque membre du groupe doit avoir des capacités différentes : faible, moins faible, fort et homogène dans l'objectif visé c'est-à-dire qu'ils visent tous le même objectif.
- Les élèves doivent être enseignés sur comment travailler efficacement dans les groupes.
- L'enseignant doit prendre des mesures pour favoriser l'interdépendance positive.
- L'enseignant doit infliger la responsabilité individuelle.
- L'enseignant doit avoir un feed-back régulier de chaque groupe.
- L'enseignant ne doit pas attribuer des notes de cours aux élèves.
- L'enseignant doit recueillir le feed-back des élèves sur l'efficacité de cette technique.

QUESTIONS DE RECHERCHE

Comment les recherches récentes sont-elles emparées de cette technique ? La technique jigsaw de part ses caractéristiques est-elle applicable à toutes les disciplines ? Quels sont ses impacts dans l'enseignement et apprentissage actuel ? Quels sont les pratiques et les résultats récents utilisant la technique jigsaw ?

MÉTHODOLOGIE

Pour répondre à ces questions et dans l'idée d'analyser la technique jigsaw dans le cadre des situations d'enseignement/apprentissage, nous avons fait une analyse d'une quinzaine d'articles tirés dans la base de données *Eric*, laquelle permet de sélectionner des articles publiés dans des revues à comité de lecture. En tapant « technique jigsaw » sur cette base de données, nous avons retenu quinze articles datés de 2012 à 2016.

Procédure

Chaque texte a été analysé sur les critères suivants : pays, qui nous permettent de savoir d'où viennent les recherches récentes qui s'imprègnent de cette technique. Niveau d'application c'est-à-dire, à quelle tranche d'âge cette technique est appliquée. Qui pratique c'est-à-dire, qui a été régulateur des élèves lors des situations. Champ disciplinaire c'est-à-dire, pour l'enseignement de quelle discipline elle a été utilisée et les impacts identifiés. Pour repérer ces

derniers, nous avons souligné les effets provoqués par la technique jigsaw dans chaque article et nous les avons regroupés par catégorie tout en faisant sur chacune une approximation. Ces critères nous permettent de mieux appréhender les contextes, les pratiques et les résultats récents utilisant la technique jigsaw.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

À travers des articles sélectionnés sur la base de données *Eric*, le tableau 2 permet de comprendre comment les recherches actuelles s'approprient de la technique jigsaw.

TABLEAU 2
Analyse des articles

Auteur année	Type d'article	pays	Niveau d'application	Qui pratique	Discipline	Effectif de l'échantillon/i mpacts
Hakan Turkmen, Didem Buyukaltay/ 2015	Empirique	Turquie	Secondaire	Chercheur	Science (Atome- l'unité de base de la matière)	20écoles secondaires (6th)/ Motivation, réussite scolaire
Nur Hafizah Azmin/ 2016	Empirique	Brunei (Asie)	Secondaire	Enseignant sur le modèle du chercheur	Psychologie	16 élèves de 6th/ Rendement scolaire
Murtono/2015	Empirique	Indonésie	Elémentaire (5ème)	Non précisé	Français (lecture compréhensive)	12 écoles primaires/ L'esprit critique, capacité logique et lecture
Odagboyi Isaiah Amedu/2015	Empirique	Akwanga (Nigeria)	secondaire	Chercheur	Biologie (micro-organismes) genre	Classe de 87 élèves/ Rendement scolaire surtout chez les garçons
Julian Cheng Chiang Chen/ 2014	Empirique	Groningue (Pays bas)	Non précisé		Technologie (Apprentissage anglais virtuel avatar)	9 apprenants adultes dans le monde entier/ Facilite l'interaction sur les tâches d'apprentissage de l'anglais virtuel
Michelle Pieri, Davide Diamantini and Germano Paini/ 2013	Empirique	Italie	Secondaire	Formateur	Technologie	6 écoles (400 élèves+ 50 enseignants) / coopération en dehors de la classe
Haryono/ 2015	Empirique	Indonésie	Supérieur	Chercheur	Mathématique	30 étudiants/ rendement scolaire, qualité de l'apprentissage
Min Jung Jee / 2014	Empirique	USA	Supérieur	Chercheur	Technologie apprentissage	34 étudiants/ Motivation, coopération

					d'anglais, avatar)	
Angela Cora Garcia/ 2013	Théorique	Non précisé	Non précisé	Chercheur	Sociologie (activité de loisir)	Non précisé/ Motivation
Fatih SEZEK/2013	Empirique	Turquie	Supérieur	Chercheur	Biologie (classification des animaux invertébrés)	66 étudiants/ Réussite scolaire, compréhension conceptuelle, motivation
Kerri S. Kearney, Rebeca DamronSohum Sophoni/ 2015	Empirique	USA	Supérieur	Non précisé	Ingénierie informatique	28 étudiants/ Compétence collaborative, interpersonnelle
Van Dat Tran/ 2012	Empirique	Vietnam	Supérieur	Instructeur/ chercheur	Mathématiques	80 étudiants/ rendement, attitude positive
Grace A. Winschel, Renata K. Everett, Brian P. Coppola, and Ginger V. Shultz/ 2015	Théorique	USA	Supérieur	Non précisé	Chimie vs interaction en ligne	48 étudiants/ discussion, résolution de problème, coopération
Raymond Benton, Jr/ 2016	Théorique	USA	Supérieur	Chercheur	Non précisé	12 étudiants/ compréhension, responsabilité, capacité d'écoute
John M. Carroll & Hao Jiang & Marcela Borge/ 2014	Empirique	USA	Supérieur		Ingénierie de résolution de problème	45 étudiants/ coopération

Dans ce corpus, cinq recherches ont été menées aux États-Unis au niveau universitaire avec des effectifs de 12 à 80 étudiants sur l'usage de la technologie comme outil d'enseignement/apprentissage. Deux ont été menées en Indonésie, dont une au niveau primaire sur 12 écoles notamment dans des classes de 5^{ème} dans l'apprentissage du français (lecture compréhensive) et une au niveau universitaire sur 30 étudiants en parcours mathématiques. Deux ont été menées en Turquie sur 20 classes de 6^{ème} et 66 étudiants en Biologie. Une a été menée sur 16 élèves de 6^{ème} en psychologie à Brunei. Une a été menée sur 67 élèves secondaires cours en Biologie au Nigéria. Une a été menée sur 67 étudiants à Groningue dans l'apprentissage de d'anglais virtuel. Une a été menée en Italie sur 400 élèves secondaires plus, 50 enseignants sur l'usage de la technologie dans l'enseignement/apprentissage. Une a été menée au Vietnam sur 80 étudiants en parcours mathématiques et une autre a été menée en sociologie (activité de loisirs) dont le lieu, le niveau et l'effectif ne sont pas précisés. Environ 4/5 dont majoritairement américaines indiquent que comparativement à un environnement compétitif ou individualiste, une structure scolaire coopérative par la technique jigsaw produit des attitudes positives telles que: la motivation, l'esprit critique, l'interaction, capacité d'écoute et la résolution de problème. Environ 3/5 de ces écrits ont rapporté des effets positifs significatifs de la technique jigsaw sur le rendement. Et environ 2/5 évoquent des effets sur la qualité d'apprentissage comme : la coopération et la collaboration. Ces recherches montrent que la technique jigsaw s'applique à presque toutes les disciplines et à tous les niveaux. L'application a été menée par des chercheurs ou sur la supervision des chercheurs. Néanmoins,

très peu ont été menées au primaire.

Parmi ces recherches menées aux États-Unis, en Asie et en Italie, près de 4/5 évoquent l'influence de la technique jigsaw sur l'usage de la technologie au niveau supérieur comme moyen d'interaction dans le processus de résolution de problème lequel permet d'améliorer la motivation et donne plus de possibilités de coopérer en dehors de classe (Pieri, Diamantini & Paini, 2013; Chen, 2014; Jee, 2014; Carroll, Jiang & Borge, 2015; Kearney, Damron & Sohoni, 2015; Winschel, Everett, Coppola & Shultz, 2015; Benton, 2016). D'autres menées en Indonésie et au Nigéria attestent que la technique jigsaw facilite la compréhension des concepts scientifiques basée sur l'interaction et l'argumentation lesquels augmentent le rendement et la réussite scolaire (Azamin, 2015; Haryono, 2015; Murtono, 2015; Turkmen & Buyukalta, 2015). Dans une recherche menée en Asie avec un effectif de 30 étudiants sur l'effet de la technique jigsaw dans l'enseignement et apprentissage des mathématiques, les résultats montrent que 90% ont progressé dans leurs activités d'apprentissage, 73.3% ont maîtrisé le sujet et ont eu un rendement significatif. Une amélioration de la qualité de l'apprentissage a été constatée sur une augmentation de 86.7 % (Sezek, 2013; Amedu, 2015). Des impacts sur l'implication dans les problèmes à résoudre ou dans les tâches à réaliser sont largement constatés à travers ces écrits (Tran, 2012; Garcia, 2013).

L'analyse de ces articles nous permet de pointer les éléments suivants.

- Les articles n'étudient pas une étape précise de la technique jigsaw.
- D'après le tableau, la majorité des situations ont été régulées par des chercheurs.
- Tous les effets provoqués par la technique jigsaw dans les articles analysés concernent l'apprenant. Autrement dit, dans 100% de cas, les articles s'intéressent à l'apprenant. Il y a donc un manque au niveau des enseignants. Aucun impact de tensions et d'hostilités dans les groupes de travail n'a été évoqué ni pris en considération dans les articles.
- La majorité des articles analysés fait apparaître que l'interdépendance et les interactions sociales sont nécessaires pour qu'il y ait des apprentissages. Ce qui nous amène à nous demander si la relation interpersonnelle que promeut la technique jigsaw n'entrave pas certains élèves qui ont des difficultés à travailler en groupe.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons analysé un corpus de quinze articles tirés de la base de données *Eric*. L'analyse révèle que certaines questions restent encore à explorer. Tout d'abord, quelle étape de la technique jigsaw favorise le développement de tel type de compétence? Selon le tableau, deux recherches seulement ont été menées en Europe (Italie, Pays-Bas). Nous nous demandons alors ce qu'apporterait cette technique dans le contexte français et dans d'autres pays comme Haïti ? L'analyse de ces articles permet de mettre également en évidence un manque de recherches menée sur les enseignants d'où les questions qui suivent. Comment les enseignants s'approprient-ils de cette technique pour mieux développer les compétences des élèves? Quelles sont les contraintes ou les avantages qui amènent ces recherches à s'intéresser à l'apprentissage par la technique jigsaw? Quelles sont les difficultés auxquelles pourraient être confrontés les enseignants dans l'application de cette technique ? Enfin, la majorité de ces recherches concernent le niveau supérieur, très peu le primaire. On peut alors se demander si cette technique favorise le développement des compétences et un meilleur apprentissage chez les jeunes élèves. Quels impacts celle-ci pourrait avoir sur certains élèves qui ont des difficultés à travailler en groupe, qui ont besoin de régulation et d'étayage particuliers pour apprendre? Dans notre travail de thèse, nous essayerons d'apporter des réponses appropriées à ces questions.

RÉFÉRENCES

- Amedu, O. I. (2015). The effect of gender on the achievement of students in Biology using the jigsaw method. *Journal of Education and Practice*, 6(17), 176-179.
- Aronson, E. (1979). Jigsaw groups and the desegregated classroom: In pursuit of common goals. *Psychology Social*, 5(4), 438- 446.
- Aronson, E., Wilson, T. D., & Brewer, M. B. (1998). Experimentation in social psychology. In D. T. Gilbert, S. T. Fiske, & G. Lindzey (Éd.), *The handbook of social psychology*, Vols. 1 and 2 (pp. 99-142). New York, US: McGraw-Hill.
- Azamin, N. H. (2015). Effet of the jigsaw-based cooperative learning method on student performance in the general certificate of education advanced-level Psychology: An Exploratory Brunei case study. In *International Education Studies* (Vol. 9). Brunei: Canadian Center of Science and Education.
- Baudrit, A. (2007). *L'apprentissage coopératif: Origines et évolutions d'une méthode pédagogique*. Bruxelles: De Boeck.
- Benton, R. (2016). Put students in charge: A variation on the jigsaw discussion. *College Teaching*, 64(1), 40-45.
- Carroll, J. M., Jiang, H., & Borge, M. (2015). Distributed collaborative homework activities in a problem-based usability engineering course. *Education and Information Technologies*, 20(3), 589-617.
- Chen, J. C. (2014). A case study on English language learners' task-based interaction and avatar identities in Second life: A mixed-methods design. Présenté à Eurocall, Netherland.
- Garcia, A. C. (2013). Explorers, Detectives, Matchmakers, and lion tamers: Understanding jigsaw puzzlers' techniques and motivations. *American Journal of Play*, 5(3), 308-332.
- Haryono. (2015). Learning achievement improvement efforts course learn and learning using the jigsaw method and card media in Stkip Pgri Ngawi 2014/2015 academic year. *Journal of Education and Practice*, 6(30), 94-102.
- Husain, H., Husain, A., Samad, S. A., & Wahab, D. A. (2013). Jigsaw learning technique: Addressing problems of implementation. *Social Sciences*, 8(6), 596-599.
- Jee, M. J. (2014). From first life to second life: Evaluating task-based language in a new environment. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 40(1), 1-15.
- Johnson, R. T., Johnson, D. W., & Smith, K. A. (1998). Cooperative learning returns to college what evidence is there that it works? *Change: The Magazine of Higher Learning*, 30(4), 26-35.
- Kearney, K. S., Damron, R., & Sohoni, S. (2015). Observing engineering student teams from the organization behavior perspective using linguistic analysis of student reflections and focus group interviews. *Advances in Engineering Education*, 4(3), 1-29.
- Murtono. (2015). Cooperative learning model toward a reading comprehensions on the elementary school. *Journal of Education and Practice*, 6(18), 208-215.
- Pieri, M., Diamantini, D., & Paini, G. (2013). An Italian social learning experience in high schools. In M. B. Nunes & M. McPherson (eds), *Proceedings of the IADIS International Conference e-Learning 2013* (pp. 143-150). Prague: IADIS.
- Sezek, F. (2013). A new approach in teaching the features and classifications of invertebrate animals in biology courses. *Mevlana International Journal of Education*, 3(2), 99-111.

- Sumpth, M., & Fourcade, F. (2013). *Oser la pédagogie coopérative et complexe : De l'école à l'université*. Lyon: Chronique Sociale.
- Tran V. (2012). The effects of jigsaw learning on students' attitudes in a vietnamese higher education classroom. *International Journal of Higher Education*, 1(2), 9-20.
- Turkmen, H., & Buyukaltay, D. (2015). Which one is better? Jigsaw II versus Jigsaw IV on the subject of the building blocks of matter and atom. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 1(2), 88-94.
- VCSMR, P., & Rao, D. S. (2013). Encouraging co-operative learning among students. *Journal of Business Administration and Education*, 2(1), 21-34.
- Voyles, E. C., Bailey, S. F., & Durik, A. M. (2015). New pieces of the jigsaw classroom: increasing accountability to reduce social loafing in student group projects. *The New School Psychology Bulletin*, 13(1), 11-20.
- Winschel, G. A., Everett, R. K., Coppola, B. P., & Shultz, G. V. (2015). Using jigsaw-style spectroscopy problem-solving to elucidate molecular structure through online cooperative learning. *Journal of Chemical Education*, 92(7), 1188-1193.

Enseigner les ondes mécaniques comme jeux d'apprentissage sur simulation

AHMED BEN JEMAA^{1,2}, JEAN-MARIE BOILEVIN²

¹Université de Tunis
Tunisie

Ahmed_ben_jemaa@yahoo.fr

²EA 3875 CREAD

Université de Bretagne Occidentale
France

jean-marie.boilevin@espe-bretagne.fr

RÉSUMÉ

Nous proposons de présenter dans cet article une approche d'enseignement fondée sur une démarche d'investigation dénommée Prévision, Confrontation, Discussion et Résolution (PCDR). Nous avons formé à cette approche un enseignant novice dans les démarches d'investigations et nous lui avons proposé un scénario pédagogique complet. Nous avons ensuite observé l'enseignant au cours de la mise en œuvre de cette approche sur la simulation des ondes mécanique avec des élèves de terminale scientifique en Tunisie. L'analyse de cette séance est réalisée dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD), la méthodologie d'analyse adoptée repose sur des descripteurs des situations et de leurs mises en œuvre (jeux épistémiques, jeux d'apprentissage, contrat et milieu didactique).

MOTS-CLÉS

Jeux d'apprentissage, jeux épistémiques, contrat, milieu, simulation, ondes mécaniques, démarche d'investigation

ABSTRACT

In this paper, we propose to present a teaching approach based on an investigation process. This approach entitled teaching by Prevision, Confrontation, Discussion and Resolution (PCDR). We then had trained a novice teacher in the Inquiry-based activity and we provide through a full educational scenario for him. We have subsequently observed the teacher applying the new approach on simulation of mechanical waves in the secondary science class. The analysis of this session is part of the theory of joint action in didactics (JATD); the methodology adopted is based on analysis of the descriptors at the situations and their implementations. The descriptors are epistemic games, learning games, didactic contract and didactic setting.

KEYWORDS

Learning games, epistemic games, contract, setting, simulation, mechanical waves, inquiry process

INTRODUCTION

Ce travail fait partie d'une étude doctorale en cours. Il s'agit d'une étude circonscrite en partie dans un courant de recherches sur les difficultés des élèves au cours de l'enseignement des ondes mécaniques au lycée. Parmi ces travaux, ceux de Maurines (Maurines & Mayrargue, 2001; Maurines, 2002, 2003) ont repéré deux conceptions principales développées par les élèves pendant l'enseignement des ondes : la conception « hybride capital » et la conception de « l'onde serpente ». La première conception considère que l'onde est vue par les élèves comme un mélange de force et d'énergie. Maurines et Mayrargue (2003, p. 75) ont choisi cette dénomination de *concept hybride CAPITAL car il a de nombreux points communs avec le capital de force introduit par Viennot..... pour interpréter les réponses d'étudiants en dynamique élémentaire* ». L'autre conception, « l'onde serpente », est ainsi appelée car les élèves considèrent que l'onde avance par ajout de bosses et non pas la bosse (le front d'onde) qui avance.

Nous essayons par ce travail de créer un changement conceptuelle chez les élèves et cela par confrontation de leurs conceptions (Onde serpente et hybride capital) par simulation des ondes mécaniques. Pour cet intérêt, nous avons opté un travail de recherche qui comporte quatre étapes. Une première étape consiste à observer une classe tunisienne de 21 élèves de terminale scientifique, lors de l'enseignement ordinaire des ondes mécaniques avec leur professeur pour s'assurer que les élèves ont bien un contact avec le savoir concerné. Dans une deuxième étape, nous proposons à l'enseignant un scénario pédagogique sur simulation des ondes, scénario reposant sur une démarche d'investigation au sens de Morge et Boilevin (2007, p. 45). Ajoutons que nous avons formé l'enseignant pour qu'il s'approprie cette démarche. La troisième étape a lieu au début de la séance de TP. Nous demandons aux élèves de répondre à quatre questions (pré-test) portant sur la vitesse de propagation d'une onde, sur le déplacement du front d'onde, sur le sens de déplacement de la source et sur l'aspect de la corde. La quatrième étape concerne le post-test pour évaluer les retombées du scénario proposé. Celui-ci s'appuie sur le recueil des réponses des élèves à un exercice inséré dans un devoir de contrôle (exercice que nous avons proposé à l'enseignant). Les résultats des analyses sont d'ores et déjà significatifs (Ben Jemaa & Boilevin, 2016). Nous présentons les plus intéressantes dans ce tableau:

TABLEAU 1

Extrait des résultats obtenus (Ben Jemaa & Boilevin, 2016)

Questions	Sur la vitesse de propagation de l'onde	Déplacement du front d'onde
Concept en jeu	Hybride capital	Onde serpente
Questions du pré-test	21,1%	26,3%
Questions du post-test	73,7%	73,7%

Prenons l'exemple de la question sur la vitesse de propagation de l'onde qui concerne la conception d'hybride capital, le pourcentage des réponses correctes a grimpé de 21.1% au cours du pré-test à 73.7% au cours du post-test. « *La démarche d'investigation suivie lors de la séance de TP semble montrer son efficacité sur les deux concepts : la célérité de l'onde et le front d'onde* » (Ibid).

Nous nous intéressons dans la suite de cet article à l'analyse du contenu de la séance de travaux pratiques sur simulation des ondes mécaniques. Plus précisément, nous analysons ce qui se produit au cours de la séance et qui pourrait expliquer le changement conceptuel sur environ

50% des élèves qui ont répondu correctement aux questions de post-test. Et cela parmi les 21 élèves qui ont assisté à la séance de TP.

CADRE THÉORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHES

Présentation de l'approche d'enseignement par "PCDR"

Avant de passer à la partie empirique de cette recherche, nous avons développé la séance de travaux pratiques sur simulation des ondes mécanique. Cette séance est le fruit d'une ingénierie didactique au sens de Brousseau (1998), c'est une ingénierie fondée sur une démarche d'investigation au sens de Morge et Boilevin (2007). Cela a donné comme résultat une approche d'enseignement par "PCDR". C'est une approche qui comporte quatre moments d'enseignement avec des tâches d'ordre conceptuel qui nécessitent une interaction entre l'élève et la simulation. Les quatre moments d'enseignement sont successivement **P**révision, **C**onfrontation, **D**iscussion et **R**ésolution d'où la dénomination approche d'enseignement par « PCDR » (Ben Jemaa & Boilevin, 2016). La séance est alors organisée systématiquement comme suit :

- *Prévision* : C'est un moment qui consiste à demander aux élèves de répondre à des questions portant sur un concept particulier. Ces questions de type prévision sont « *des questions que la didactique a montrées comme "sensibles" et pouvant déboucher sur des conflits cognitifs* » (Richoux & Beaufiles, 2005, p. 302). La réponse à chaque question va être considérée comme hypothèse de l'élève vis-à-vis du concept considéré.
- *Confrontation* : Les élèves vont ensuite confronter leurs hypothèses (la réponse à la question de prévision) à une simulation informatique. Il s'agit en l'occurrence d'une animation Flash où le mouvement d'une corde est entretenu par une source d'onde, l'utilisateur pouvant communiquer à la corde des impulsions d'amplitude et de fréquence réglables, ralentir le mouvement ou même l'arrêter.
- *Discussion* : Suite à cette confrontation s'installe entre les élèves, qui travaillent en groupe de deux par ordinateur, une discussion sur le résultat. De son côté, l'enseignant est chargé de créer une ambiance favorable au débat scientifique entre l'ensemble des élèves dans la salle. Cela doit permettre une première validation ou non des hypothèses des élèves.
- *Résolution* : L'action de l'enseignant vise à encadrer un nouveau débat en aidant les élèves à résoudre les conflits cognitifs par les lois de la physique déjà étudiées pendant les séances du cours sur les ondes.

Nous attendons à travers ces différentes tâches un changement conceptuel au niveau du raisonnement des élèves, ce qui pourrait participer au développement de leur esprit critique.

Cadre théorique

Nous étudions dans cet article les interactions professeur-élèves à l'aide de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011). « *Cette théorie -notée TACD- est centrée sur le processus d'enseignement et d'apprentissage, vu principalement comme processus communicationnel centré sur un jeu de savoir* » (Cross & Grangeat, 2014, p. 158).

Notions de contrat et de milieu dans la TACD

Selon Brousseau (1998), le contrat didactique correspond à l'ensemble des attentes comportementales de l'enseignant et réciproquement l'ensemble des attentes comportementales de l'élève. Cette définition est reprise et approfondie par Sensevy (2007) au cours de l'élaboration de la TACD. Cet auteur considère que « *le contrat didactique propre à une situation didactique peut alors se concevoir comme un système d'habitudes engendrant lui-même un système d'attentes, système actualisé par cette situation particulière* » (Sensevy, 2007 p. 19).

Le milieu est l'ensemble des objets physiques et des composantes immatérielles mis en jeu au cours de la construction du savoir. L'élève, le savoir, les appareils de mesures, les interactions avec l'enseignant, sont donc des éléments qui constituent le milieu didactique (Cross et Grangeat, 2014). Le milieu est alors le support qui porte les actions des élèves et de leur enseignant. À l'instar de Sensevy (2011), nous constatons alors que le milieu et le contrat sont inséparables, donc que le changement du milieu nécessite un changement du contrat.

Notion de jeu d'apprentissage

Selon Sensevy (2007), au cours d'une séance d'enseignement, on assiste à une succession de scènes, en suivant la métaphore théâtrale, qu'on peut considérer comme des jeux d'apprentissage. Santini (2012) propose un classement dans la TACD de la notion du jeu selon leurs spécifications. La première spécification est celle du jeu didactique, la deuxième est celle du jeu d'apprentissage, la troisième est celle du jeu épistémique. Ce dernier jeu est lié aux pratiques sociales de référence développées par Martinand (1986). Les jeux épistémiques permettent d'avoir une idée claire sur la transposition didactique des savoirs par une étude fine du jeu épistémique source qui prend en compte les pratiques des savoirs dans le monde social et les jeux épistémiques émergent qui prennent en compte les savoirs faire acquis par l'action dans la classe (Cross & Grangeat, 2014).

Questions et hypothèse de la recherche

Les résultats du tableau 1 décrits précédemment (Ben Jemaa & Boilevin, 2016) montrent que l'enseignement ordinaire des ondes mécaniques en classe de terminale laisse des séquelles inattendues. En effet, les élèves peuvent développer des conceptions erronées telles que la conception hybride capital et celle de l'onde serpente. Dans le prolongement de cette étude, nous cherchons donc à étudier ce qui s'est passé réellement en classe lors de l'enseignement par "PCDR" et à identifier le processus de la mise en œuvre de cette approche en classe.

Notre hypothèse de travail, c'est de placer l'élève en situation de recherche assisté en partie par l'enseignant, c'est une situation où l'élève doit tester son hypothèse choisie préalablement dans l'étape de prévision, alors l'élève se trouve obligé de se positionner par rapport aux résultats obtenus par simulation, ce positionnement lui permettra un déclenchement critique, cela permettra aussi de créer les conditions du changement conceptuel attendu c'est un changement au niveau du leur raisonnement. L'approche par PCDR pourra constituer ainsi un type efficace de démarche d'investigation.

Cette hypothèse de recherche va être étudiée en fonction des interactions des élèves avec le milieu dans le cadre du contrat didactique, elle est étudiée aussi en fonction du déroulement des jeux d'apprentissage et des jeux épistémiques attendus et des jeux qui subissent des régulations au cours de l'enseignement.

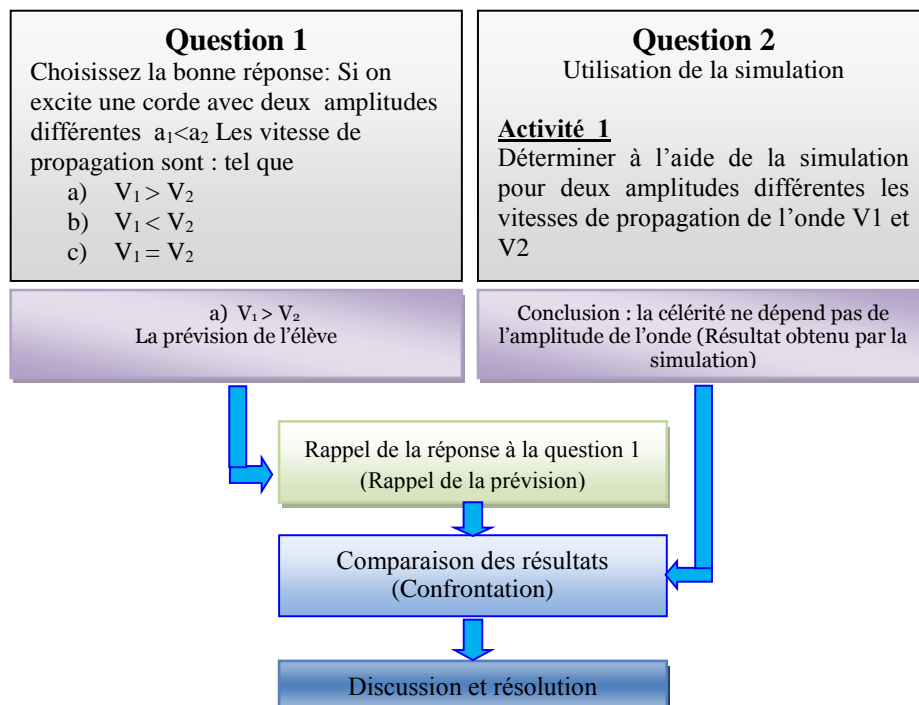
MÉTHODOLOGIE

Nous suivons une méthodologie déjà adoptée par Cross et Grangeat (2014). Nous observons un enseignant expérimenté au cours de l'enseignement par PCDR. Cet enseignant n'a pas au départ d'idée précise sur la démarche d'investigation qui ne fait pas partie du curriculum tunisien. Nous l'avons formé sur l'approche d'enseignement par PCDR et nous avons mis à sa disposition le scénario pédagogique complet et les fiches du TP qui vont être distribuées aux élèves au début de la séance. De plus, nous avons déjà observé ce même enseignant avec les mêmes élèves d'une classe de terminale scientifique lors de l'enseignement ordinaire des ondes. Nos données sont constituées d'enregistrement vidéo de la séance d'enseignement sur simulation des ondes où la camera suivait en permanence l'enseignant en plus des enregistrements audio des échanges verbaux dans chaque groupe d'élèves en total quatre groupes. L'enregistrement vidéo est intégralement transcrit et analysé à l'aide du logiciel Transana, les enregistrements audio sont analysés manuellement. La méthodologie consiste à comparer deux types d'analyse : la situation comme nous l'a prévue et la situation telle qu'elle est faite en classe. « *Cette analyse de ce qui est prévisible est comparée à ce qui s'est passé effectivement, en termes de jeux d'apprentissage. Cette façon de procéder nous permet de mettre en évidence l'action conjointe dans la mise en œuvre des démarches d'investigation* » (Cross & Grangeat, 2014, p. 164).

RÉSULTATS

Présentation de la situation

FIGURE 1



Exemple d'une séquence d'enseignement prévue

La séance présente plusieurs parties, chaque partie se déroule tout autour d'un concept particulier et chaque partie de la séance est constituée de quatre étapes de l'approche par PCDR. Dans cet article nous allons étudier une seule première partie celle autour du concept de célérité de l'onde et son indépendance de l'amplitude. Nous faisons tout d'abord une brève présentation de la séance, et nous analysons ensuite en fonction de jeux d'apprentissages et de jeux épistémiques, l'articulation entre les deux et la dialectique contrat-milieu.

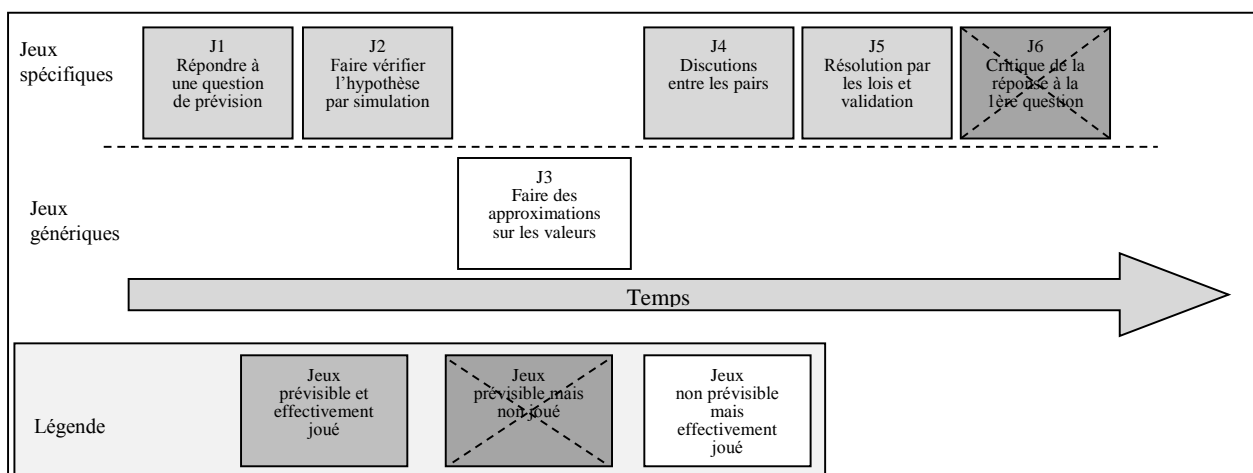
L'enseignant distribue les fiches du TP, il rappelle que ce TP est une continuité du cours sur les ondes. Il annonce aux élèves qu'ils doivent répondre individuellement aux questions posées. Par exemple: Choisir la bonne réponse. Si on excite une corde avec une source d'onde par deux amplitudes différentes $a_1 < a_2$ Les vitesses de propagation sont : tel que (a) $V_1 > V_2$, (b) $V_1 < V_2$ et (c) $V_1 = V_2$.

Le professeur annonce la fin de cette première étape et demande aux élèves de commencer à manipuler la simulation sur les ordinateurs. Il explique le mode opératoire de la simulation au tableau par un « data show » ; il montre les différents modes possibles (modes continu et d'impulsion) et les barres stabilisatrices qui permettent de prendre des mesures en cm, et enfin le chronomètre s'ils ont besoin. Les élèves doivent manipuler la simulation et mettre à l'épreuve leurs hypothèses. Il s'agit donc d'exciter la corde et de déterminer la célérité de l'onde qui se propage le long de la corde et refaire la même expérience pour une autre amplitude différente. Le travail consiste à choisir une amplitude et de placer les deux barres stabilisatrices de la simulation en deux points distincts de la corde, de noter la distance qui sépare ces deux points et en suite débiter la simulation de onde le long de la corde et à l'aide du chronomètre prendre la durée du temps entre les deux passages de l'onde par les deux barres stabilisatrices, la célérité de l'onde est alors le rapport de la distance séparant les deux points choisis par la durée du temps. Les élèves doivent refaire le même travail pour une autre valeur d'amplitude.

Analyse en jeux d'apprentissage

Le découpage de cette partie de la séance en jeux d'apprentissage montre qu'il y a apparition du jeu 3 (J3) que nous n'avions pas prévu et la disparition du jeu 6 (J6).

FIGURE 2



Déroulement des jeux d'apprentissage en fonction du temps

L'apparition du jeu 3 provient de l'intervention d'un élève lorsqu'il annonce que les résultats des célérités ne sont pas les mêmes. L'enseignant ne s'aperçoit pas au début qu'on doit faire des approximations sur les valeurs trouvées, il demande à l'élève de refaire l'expérience au tour de parole 5 (Tdp5, fig. 2), et de même au tour de parole 7 (Tdp7, fig.2), l'enseignant insiste et demande aux élèves de refaire les calculs. L'enseignant se rend compte à ce moment des approximations nécessaires et s'adresse à tous ses élèves pour faire les calculs jusqu'à trois chiffres après la virgule. Ce changement de jeu est initié par un élève, il est imposé par l'expérience même si elle s'appuie sur une simulation. Nous nous apercevons à notre tour que dans le cadre de l'approche par PCDR il n'y a pas de changement du contrat didactique lors du passage de l'expérimentation sur paillasse à l'expérimentation sur simulation. Le jeu 6 est abandonné par les élèves ; ce jeu consiste à écrire une critique vis-à-vis de sa réponse sur la question prévision si elle est incorrecte. Les élèves laissent la case vide et l'enseignant n'a pas insisté sur ce jeu. Dans un entretien après la séance avec l'enseignant, il estime que cette question va prendre beaucoup de temps car les élèves ne sont pas habitués à ce genre de question.

FIGURE 3

Tdp	Locuteur	Production verbale
1	P	<i>Calculer les valeurs de la vitesse pour les deux amplitudes</i>
2	E1	<i>Les distances en mètre monsieur ?</i>
3	P	<i>on a besoin d'une vitesse en m par seconde. Convertir les vitesses en mètre par seconde, il faut convertir les distances en m</i>
4	E1	<i>Les valeurs ne sont pas égales</i>
5	P	<i>Répétez l'expérience réfléchit un peu (en arabe)</i>
6	E3	<i>0,02 monsieur</i>
7	P	<i>refaire les calculs, allez les autres</i>
8	E4	<i>sont différentes</i>
9	P	<i>montre moi les calculs aller... aller... <...> voila a peut près 0.03 c'est bon... Allez Prenez trois chiffres après la virgule. Aller...</i>
10	E3	<i>C'est 0.026</i>
11	P	<i>... c'est bon presque 0.03</i>
12	E1	<i>Oui monsieur presque égales</i>
13	P	<i>A priori qu'est-ce que vous constatez.</i>
14	E1	<i>les vitesses restent presque constantes.</i>
15	p	<i>Même si on change...l'amp...</i>
16	E4	<i>Même si on change l'amplitude la vitesse reste constante</i>

Transcription du début du jeu d'apprentissage 3

Jeux d'apprentissage/jeux épistémiques

Du jeu 1 au jeu 5 on constate que les jeux d'apprentissage sont très proches des jeux épistémiques. Les erreurs de calcul d'ordre expérimental ont obligé l'enseignant à créer un nouveau jeu 3, qui n'était pas prévu au départ, mais qui s'avère nécessaire au déroulement de la séance pour « gagner aux autres jeux ». C'est un jeu épistémique présent dans la plupart des travaux pratiques ordinaires en laboratoire (expériences sur paillasse). La séance telle qu'elle est conçue est une succession de jeux épistémiques, qui présente une souplesse facilitant la création de nouveaux jeux gagnants.

Dialectique contrat-milieu

Dans cette séance, on constate qu'il y a des changements du milieu. Les élèves travaillent sur des ordinateurs dans une salle d'informatique et non pas dans leur laboratoire habituel. De plus, l'expérimentation a lieu sur un monde virtuel, ce qui nécessite de mobiliser des savoir faire qui ne sont pas spécifiques aux sciences physiques. Ce changement fait penser implicitement à un changement du contrat didactique. Or, la création du jeu 3 montre que ce changement du contrat existe mais de manière partielle et que les comportements vis-à-vis des résultats des calculs sur paillasse sont les mêmes qu'avec les résultats obtenus par simulation car l'approche d'enseignement par PCDR ne se limite pas à l'observation des faits de la simulation des ondes mais passe jusqu'à l'étude expérimentale et aux calculs des célérités.

CONCLUSION

Cross et Grangeat (2014) ont montré que la mise en œuvre des démarches d'investigation est un processus complexe «*Cette complexité génère une large disparité dans la conception et la mise en œuvre pratique de ces démarches. Pour comparer l'efficacité de ce type d'enseignement il faut donc disposer de descripteurs des situations et de leurs mises en œuvre afin de pouvoir comparer ce qui est fait avec une plus grande validité* » (p. 177). Cela nous a permis d'utiliser des descripteurs de notre séquence d'investigation de type PCDR et de conclure que l'approche d'enseignement étudié présente une souplesse d'exécution par l'enseignant où l'élève est capable d'intervenir et d'introduire un nouveau jeu d'ordre épistémique. De même, l'enseignant peut créer des régulations pour continuer l'enchaînement des autres jeux. La formation rapide (deux séances de deux heures chacune) reçue par l'enseignant sur l'approche d'enseignement par PCDR paraît satisfaisante pour qu'il se l'approprie, bien qu'il soit novice sur les démarches d'investigation. La simulation comme support didactique peut, dans notre situation, apparaître semblable à un support d'expérimentation sur paillasse. Le jeu 3 montre que les élèves se comportent comme si l'expérience était réelle, alors les élèves considèrent que les valeurs trouvées de la célérité de l'onde doivent être soumises à des approximations qui paraissent nécessaires. Ce constat nous a permis de conclure qu'il n'y a pas de changement global du contrat didactique même s'il y a un changement fondamental du milieu. Il reste alors à vérifier cette approche d'enseignement par PCDR sur des expériences sur paillasse et voir de près ce qui se passe.

RÉFÉRENCES

- Ben Jemaa, A., & Boilevin, J.-M. (2016). Impact de la démarche d'investigation par simulation des ondes mécaniques sur le raisonnement des élèves. In *Actes des 9èmes rencontres de l'ARDIST* (pp.7-12). Lens: Université d'Artois.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Cross, D., & Grangeat, M., (2014). Démarche d'investigation : analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 155-182
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne: Peter Lang.
- Maurines, L. (2002). Le raisonnement des étudiants dans la physique des ondes. *Bulletin de la Société Française de Physique*, 137, 30-46.

- Maurines, L. (2003). Analyse des difficultés des étudiants à propos des concepts de phase et de surface d'onde, du principe de Huygens. *Didaskalia*, 22, 9-39.
- Maurines, L., & Mayrargue, A. (2003). Regards croisés de l'histoire des sciences et de la didactique de la physique sur le concept d'onde. In *Actes de l'université d'été « La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques, tome 1 : Histoire des sciences* (pp. 73-85). Poitiers: IREM-CRDP.
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (Dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN - CRDP d'Auvergne.
- Richoux, H., & Beaufile D. (2005). Simulation en mécanique au lycée : conception et analyse d'activités sur modèle, In *Actes de la 4èmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST* (pp. 301-308). INRP: Lyon.
- Santini, J. (2012). Densité, spécificité et distance dans la dialectique jeu d'apprentissage/jeu épistémique et efficacité des pratiques professorales une étude de cas en géologie à l'école primaire. In B. Gruson, D. Forest & M. Loquet (Eds), *Jeux de savoir étude de l'action conjointe en didactique* (pp. 19-45). Rennes: PUR.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds), *Agir ensemble l'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-49). Rennes: PUR.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.

Étude comparative des pratiques de deux enseignantes tunisiennes l'une novice l'autre expérimentée dans le cas de l'enseignement de la commutation par transistor pour des élèves de 2ème année de sciences

SONIA MANNAI, CHIRAZ BEN KILANI

*Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue (ISEFC)
Tunisie*

*loueslatisonia@gmail.com
chiraz.benkilani@isefc.rnu.tn*

RÉSUMÉ

L'étude présentée dans cet article vise à décrire et à comprendre les déterminants de l'action de deux enseignantes l'une novice et l'autre expérimentée au cours de l'enseignement du concept de commutation par transistor dans des classes de deuxième année du secondaire en filière sciences. Nous produisons les analyses dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). Nous avons élaboré un outil méthodologique selon Leutenegger. Les interactions entre enseignant et apprenants permettent d'inférer quelques déterminants professoraux in situ.

MOTS-CLÉS

Pratiques enseignantes, TACD, épistémologie pratique, transactions, transistor

ABSTRACT

The study presented in this article aims to describe and understand the determinants of the action of two teachers one novice and one experienced during the teaching of transistor switching concept in classes of second year high school science major. We produce analyzes as part of the theory of joint action in didactics (TACD). We have developed a methodological tool according to Leutenegger. The interaction between teacher and learners can be inferred few faculty in situ determinations.

KEYWORDS

Teaching practices, TACD, practical epistemology, transactions, transistor

INTRODUCTION

Cet article vise à décrire et à comprendre les pratiques enseignantes, dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy & Mercier 2007; Sensevy, 2011). En effet nous nous intéressons particulièrement à l'épistémologie pratique de l'enseignant et son rôle en tant que déterminant de la pratique.

Dans cette perspective, nous allons comparer l'épistémologie pratique de deux enseignantes l'une novice et l'autre expérimentée au cours de l'enseignement du concept de commutation par transistor dans des classes de deuxième année du secondaire en filière sciences. Un jeu d'apprentissage représente l'expression d'un contrat didactique (en tant que

système d'attentes réciproques) dans un milieu spécifique (en tant qu'ensemble d'objets matériels et symboliques) (Sensevy, 2007).

Dans ce cadre nous allons comparer l'épistémologie pratique de deux enseignantes tunisiennes et examiner les différents déterminants de l'action professorale aux cours de deux jeux similaires.

CADRE THÉORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous avons choisi de travailler dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique qui postule que les pratiques d'enseignement et d'apprentissage sont non seulement liées mais nécessairement conjointes. La TACD prend une perspective transactionnelle c'est-à-dire d'une action « à travers autrui et à travers l'environnement » comme le suggère l'étymologie du mot qui est un moyen de coordination ou d'ajustement des actes (Sensevy, 2011, p. 53). Cette théorie a fait l'objet de plusieurs recherches antérieures, certaines d'entre elles se focalisent sur la caractérisation du savoir enseigné et de son avancement en classe. On peut citer en ce sens, les travaux de Sensevy et Mercier (2007) sur la notion du « jeu didactique ».

Le jeu permet de modéliser le lien entre une action et une institution : « agir dans un jeu est agir attaché à une sorte de modèle que l'institution impose à nos conduites » (Sensevy, 2011, p. 94). Ceux-ci sont décrits par un doublet milieu-contrat associé à un système de descripteurs. En effet cette théorie propose aux déterminants du jeu selon Sensevy deux grandes dimensions, la première réfèrera aux contraintes de l'action corrélatives qui est adressé et la deuxième réfèrera aux soubassements épistémologiques de l'action professorale.

Notre problématique consiste à examiner les différents éléments de déterminants de l'action professorale relatifs à deux jeux similaires de deux séances de classes afin de comprendre et d'expliquer une partie de l'action conjointe.

La notion de jeu d'apprentissage permet de rendre compte de la succession de « scènes » dans une séquence d'enseignement/apprentissage. Ces scènes sont définies comme étant « connexes et clos sur elles-mêmes » (Sensevy, 2007) et se délimitant en général par une entrée en matière et par une conclusion. Ces jeux d'apprentissage se distinguent les uns des autres par le contrat didactique en jeu ainsi que par le milieu.

Notre question de recherche porterait sur les différences et les similitudes, dans la pratique de deux enseignantes l'une novice et l'autre expérimentée, lors de la comparaison de deux jeux similaires aux cours de l'enseignement des savoirs liés à la commutation par transistor. Pour répondre à cette question de recherche, nous allons utiliser le triplet de genèses (la chronogenèse, la topogenèse et la mesogenèse) qui peuvent décrire les microstructures du jeu ainsi que le quadruplet « définir, dévoluer, réguler et institutionnaliser » qui fournissent un système générique pour décrire les jeux d'apprentissage en tant que tels, dans leur macrostructure (Sensevy, 2011).

- La chronogenèse décrit l'avancée de savoirs dans la classe ; c'est-à-dire le fonctionnement du temps didactique.
- La topogenèse décrit les responsabilités prises par le professeur et par les élèves quant aux savoirs en jeu, la partition épistémique entre les transactants (Marlot, 2008).
- La mésogenèse concerne la mise en place et l'évolution du milieu didactique, l'environnement matériel et culturel de la situation didactique, ainsi que des règles d'actions et des traits pertinents qui s'y construisent. Elle permet ainsi de décrire l'activité qui résulte de la co-élaboration interactionnelle de professeur et des élèves. Cette catégorie permet donc d'étudier par exemple le type de milieu construit dans la définition du jeu, ou bien les objets que la régulation (provenant du professeur ou des élèves) permet d'intégrer dans le milieu.

- La condition de définition du jeu : le professeur doit établir avec les élèves les règles « définitives » qui vont permettre aux élèves de jouer « le bon jeu » en utilisant les « bons objets ».
- La condition de dévolution du jeu : le professeur va faire en sorte que l'élève prenne la responsabilité de l'apprentissage, qu'il assume de jouer d'une manière adéquate.
- La condition de régulation du jeu : on appellera ainsi régulation ce qui, dans les transactions didactiques, permettra aux élèves de produire les stratégies gagnantes au jeu. Le professeur doit réguler pendant la durée du jeu, en effet ses paroles devront faire agir les élèves.
- La condition d'institutionnalisation : c'est le processus d'institutionnalisation (Brousseau, 1998), par lequel le professeur assure aux élèves que leur activité leur a permis de trouver des savoirs légitimes hors de l'institution-classe. Ce qui signifie que les élèves doivent se sentir responsables de ces savoirs « culturels ».

MÉTHODOLOGIE

Recueil des données

Le recueil des données dans notre cas est constitué d'enregistrements vidéo. Il a été effectué dans un lycée secondaire tunisien. C'est un établissement public, dans un quartier résidentiel se situant dans la capitale Tunis. Nous avons suivi deux enseignantes : l'enseignante A est titulaire d'une maîtrise en génie électrique spécialité informatique industrielle, un diplôme nationale d'ingénieur en mécatronique et un master de recherche système électrique et elle est inscrite en 2ème année de thèse de doctorat au laboratoire système électrique. Elle a accédé à ce poste après avoir passé le concours du CAPES (Concours d'Aptitude pour l'Enseignement Secondaire). Nous la suivons dans ce travail de recherche avec sa classe de 2ème année du secondaire. Elle a également des classes de 1ère année. La séance filmée est une séance de la fonction commutation par transistor. Elle dure 1 heure 30 min par groupe et 16 élèves dont 7 filles sont présents (demi classe). C'est une enseignante que l'on peut qualifier de novice. Elle n'a jamais enseigné le transistor.

L'enseignante B enseigne dans le même lycée depuis 6 ans. Elle est titulaire d'une maîtrise d'électronique et elle a également accédé à ce poste après avoir passé le concours du CAPES. La séance filmée est une séance sur la fonction commutation par transistor. Elle dure 1 heure 30 min par groupe et 20 élèves dont 9 filles sont présents (demi classe). L'enseignante B est donc une enseignante que l'on peut qualifier d'expérimentée. Nous avons donc là deux profils différenciés, d'une part leur ancienneté dans le métier et d'autre part leur niveau d'études.

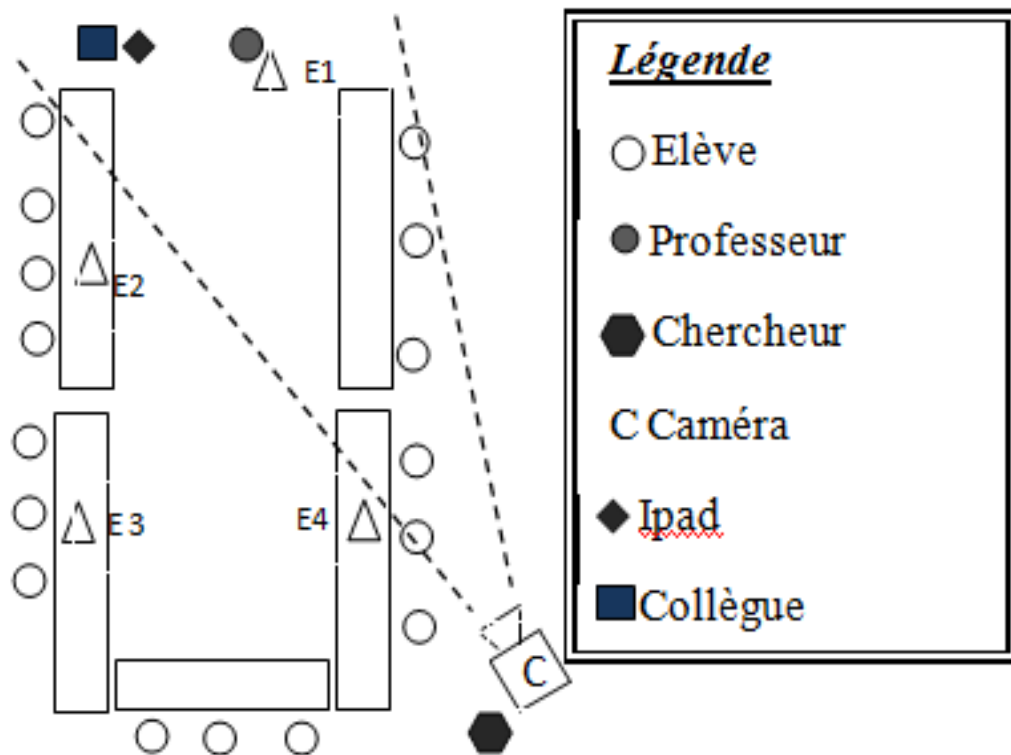
Nous avons filmé les deux séances, le même matériel a été utilisé :

- une caméra placée au fond de la classe
- 4 enregistreurs vocaux (iPhone) pour des enregistrements audio un pour l'enseignante les autres pour les élèves
- un Ipad

La caméra est fixée au fond de la classe elle est posée sur un trépied dans un coin d'une manière diagonale de façon à filmer les élèves « de dos ». Une collègue en train de filmer à l'aide de l'Ipad les élèves de face, suit le déplacement de l'enseignante et zoome éventuellement sur le tableau. Les tables de la classe sont aménagées en forme de U.

Un enregistreur vocal est placé sur la table de l'enseignante, les trois autres sur les tables près des élèves.

FIGURE 1



Emplacement du matériel vidéographique dans la classe

Méthodologie d'analyse des données

Après avoir visionnée plusieurs fois les deux séances, nous avons transcrit toutes les interactions entre les professeurs et les élèves ainsi que les gestes et les attitudes intéressantes au regard du savoir en jeu.

Les transcriptions ont été réalisées à l'aide du logiciel Transana, qui permet de traiter des fichiers numériques audio ou vidéo. Ensuite nous structurons les deux séances en thèmes pour permettre de « structurer le savoir enseigné à l'échelle mésoscopique, par son contenu » (Tiberghien et al., 2007) en jeux d'apprentissages, nous avons également découpé chaque jeu didactique en épisodes plus fins et nous avons alors indexé chaque épisode avec des mots clés relatifs à notre cadre théorique et qui nous permettent d'analyser le triplet de genèse et le quadruplet de l'action. Cette méthode nous a permis de construire ainsi les synopsis des deux séances à partir des transcriptions et des vidéos.

ANALYSES ET RÉSULTATS

Nous avons structuré les deux séances suivant les thèmes, les jeux d'apprentissage qui s'y déroulent, les phases didactiques, le temps passé à chaque jeu et les numéros de tour de parole tels qu'ils se trouvent sur la transcription. Le tableau 1 ci-dessous constitue une partie du synopsis de la séance A où se trouve le jeu 8 et le tableau 2 ci-dessous constitue une partie du synopsis de la séance B où se trouve le jeu 4. Nous avons choisi d'examiner le jeu 8 de la séance

A et le jeu 4 de la séance B puisque ils ont des enjeux communs : définir la fonction commutation.

TABLEAU 1
Extrait de synopsis séance A jeu 8

Thème	Temps	Phase Didactique	Tour de paroles	Jeux d'apprentissage	Descriptif des différents jeux
Thème 2 La fonction commutation par transistor	(0 :03 :17.1-0 :03 :47.0)	Cours magistral	15	J4 : définir le transistor	P lit la définition du transistor à partir du document distribué
	(0 :03 :47.0-0 :04 :42 .7)		15	J5 : nommer les trois électrodes	P nomme les trois électrodes et tente de les expliquer en écrivant au tableau les points essentiels avec des schémas et des dessins si besoin.
	(0 :04 :42 .7-0 :06 :23.0)		15 -17	J6 : identifier le type de transistor	À partir du document distribué P demande aux élèves comment on peut identifier NPN Elle schématise sur le schéma du transistor le sens du courant et elle fait la même chose pour PNP
	(0 :06 :23 .0-0 :09 :08.1)		17-35	J7 : identifier les caractéristiques du transistor	P explique les courants de transistor en utilisant loi de nœud
	(0 :09 :08.1-0 :16 :02.0)		35-67	J8 : définir la fonction commutation par transistor	P explique la fonction commutation par transistor Elle utilise loi de maille et loi de nœud (loi des sciences physiques)

TABLEAU 2
Extrait de synopsis séance B jeu 4

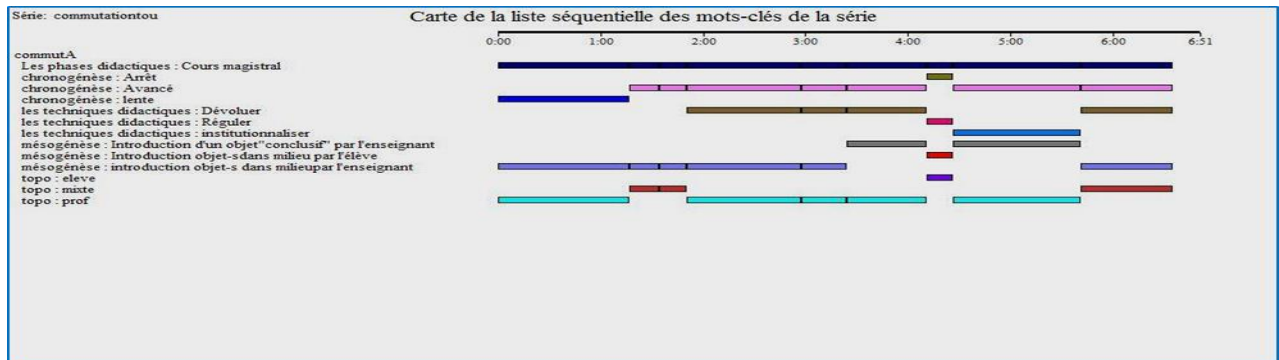
Thème	Temps	Phase didactique	Tour de parole	Jeux d'apprentissage	Descriptif des différents jeux Constituant la séance
Thème 2 Définition de la fonction commutation	(0 :10 :07.4 – 0 :16 :46.5)	Cours magistral : Introduction réalisation clôture	16- 47	J 4: définir la fonction commutation	P demande à un élève de lire la définition à partir du document distribué puis elle lui demande ce qu'il a compris, l'élève donne une réponse incomplète. P explique en citant des exemples. Suite à de nombreuses interactions p arrive à définir la fonction commutation en s'intéressant à la fonction commutation par transistor

Les caractéristiques de l'action conjointe du jeu 8 séance (A)

Le savoir est considéré comme l'objet des transactions dans la classe ce qui nous conduit à étudier l'action didactique et son évolution par rapport au temps.

Nous présentons ici les résultats en utilisant « Transana » sur les descripteurs. Ce processus permet de traiter des fichiers numériques audio ou vidéo, il permet un découpage temporel du fichier en épisode et chaque épisode peut être classé dans une banque de données et associé à différents mots-clés qui nous guide dans notre analyse pour comprendre l'action de l'enseignante et des élèves autour du savoir en jeu au cours des différents épisodes du jeu 8.

FIGURE 2



L'évolution de certains mots-clés au cours du jeu 8 (définir la fonction commutation par transistor –minute 09 :08 à 16 :06 :02)

Nous remarquons que la topogénèse est essentiellement du côté de l'enseignante A. Il est aussi important de remarquer que la responsabilité de l'élève pour la construction du savoir de ce jeu est faible. Cette topogénèse enseignante est dominante dans les épisodes de dévolution et d'institutionnalisation du savoir. Au cours de ce jeu, l'enseignante fait avancer le savoir qui consiste à définir la fonction commutation par transistor. En effet, nous estimons que les élèves ne peuvent pas avancer ce nouveau savoir bien qu'ils sont supposés avoir des pré-requis selon leur programme officiel, c'est pour cela que P prend une part dominante dans la topogénèse. Une topogénèse mixte¹ est mise en œuvre lorsque l'enseignante cherche à ce que les élèves participent à la construction du savoir à institutionnaliser. Nous illustrons cette manière de faire par l'extrait ci-dessous :

P : ah tension ici celle-là va être équivalent à ça celle-là comme ça (elle indique le sens du courant sur le schéma au tableau) celle-là comme ça tu as une tension ici ou non(?)

E : oui

P : pourquoi(?)

E : parce qu'elle prend la tension du générateur

P : très bien

Nous examinons la figure 2 du jeu 8 nous remarquons que la dévolution est majoritaire, on observe également que l'enseignante utilise dans ce jeu différentes modalités de dévolution afin de faire avancer le savoir que nous illustrons par des extraits.

Nous constatons dans l'extrait ci-dessous que l'enseignante dévolue l'épisode en encourageant régulièrement les élèves par le mot « oui ».

P : donc IB ici (?)

¹ La topogénèse mixte est une construction conjointe où la topogénèse est partagée entre l'enseignant et les élèves

E: zéro
 P:oui
 E: IC zéro
 P: zéro oui
 E: tous zéro

Nous remarquons également que l’enseignante applique l’interdisciplinarité. En effet elle renforce le lien entre physique et technique en introduisant des éléments vus en 1ère année secondaire (la loi de maille) en sciences physiques pour expliquer aux élèves la commutation par transistor à travers la détermination des tensions dans une maille. Nous illustrons cette constatation par l’extrait suivant :

P : très **bien loi de maille qu'est-ce qu'elle dit** (?) elle va être comme ça le circuit j'ai VCC ici celle-là**loi de maille qu'est-ce qu'elle dit** (?) Tension VCE entre quoi et quoi (?) Tout d'abord la tension (?) Entre E et (?)
 E : C
 P : VCE comment il passe au point C à partir de la tension de base (?) donc VCE égal à VCC VCE qu'est-ce qu'elle a (?) différent de zéro
 E : euuh

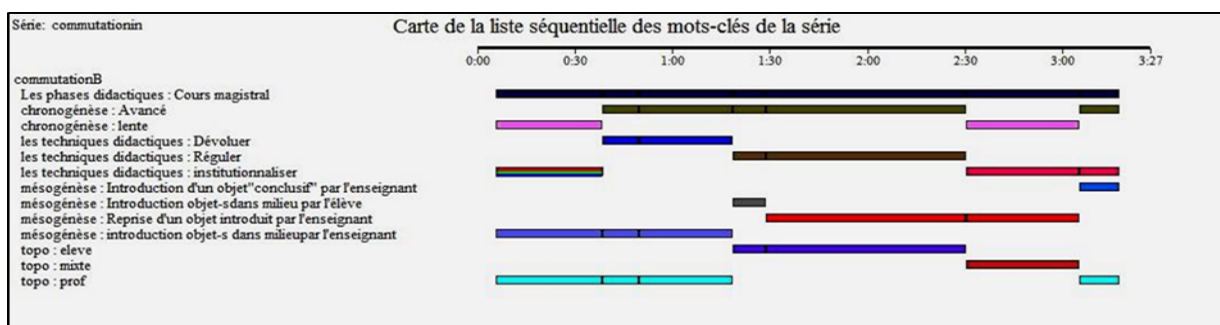
En fait ces différentes modalités de dévolution permettent de donner un sens aux savoirs. En se référant à la figure2, nous remarquons que l’enseignante est celle qui majoritairement est responsable de l’évolution du milieu.

En effet nous remarquons ici le poids topogénétique de l’enseignante dans la mésogénèse elle introduit davantage d’objets que les élèves dans le milieu alors que l’élève a introduit un élément dans un seul épisode dans un jeu composé de 9 épisodes.

Nous constatons que la chronogénèse est essentiellement avancée² d’où le savoir à enseigner du jeu 8 qui progresse d’une façon rapide pendant 7 épisodes alors que la chronogénèse lente³ se présente dans un seul épisode et la même chose pour la chronogénèse arrêtée⁴.

Les caractéristiques de l’action conjointe du jeu 4 séance (B)

FIGURE 3



L’évolution de certains mots-clés au cours du jeu 4(définir la fonction commutation –minute 10 :07 à 16 :46)

² La chronogénèse est qualifiée de « avancée » quand la structuration des savoirs avance rapidement.

³ La chronogénèse est qualifiée de « lente » quand la structuration des savoirs avance lentement.

⁴ La chronogénèse est qualifiée de « arrêtée » quand la structuration des savoirs n’avance pas.

Ces résultats montrent un relatif équilibre entre la topogénèse enseignante et la topogénèse élève et une topogénèse mixte faible. Nous remarquons que cette topogénèse enseignante⁵ domine essentiellement dans les épisodes de dévolution et d'institutionnalisation alors qu'une topogénèse élève⁶ se présente dans les épisodes de régulation. Nous remarquons aussi qu'une topogénèse mixte est mise en œuvre quand l'enseignante cherche à ce que les élèves participent à la construction du savoir. En effet l'enseignante fait avancer le savoir qui consiste à définir la fonction commutation en reprenant des éléments introduits par les élèves et régule le milieu. Donc une topogénèse relativement équilibrée entre enseignante et élève.

En analysant la figure 3 nous constatons que l'élève est celui qui majoritairement est le responsable de l'évolution du milieu. Nous illustrons par l'extrait suivant la manière dont l'enseignante régule le milieu. En effet l'élève introduit le mot bouton poussoir l'enseignante reprend le mot et conduit les élèves à exprimer d'autres exemples qu'ils connaissent pour qu'elle institutionnalise à la fin.

E: euh **bouton poussoir**

P: **bouton poussoir bouton poussoir quoi d'autres (?)** on l'a vu à la leçon de la fonction mémoire on l'a vu à la leçon de la fonction mémoire KM (?) C'est quoi le KM(?)

E: **Moteur**

P: **non ce n'est pas Moteur non KM relais électromagnétique relais électromagnétique dans la fonction mémoire** donc c'est ça la fonction mémoire euh la fonction commutation

Nous remarquons aussi qu'une topogénèse mixte est mise en œuvre quand l'enseignante cherche à ce que les élèves participent à la construction du savoir et que la chronogénèse est autant avancée que lente ce qui signifie que les savoirs à enseigner pendant le jeu 4 progresse.

DISCUSSION

Après avoir analysé séparément chaque jeu, nous commençons par discuter les résultats par une comparaison de la pratique des deux enseignantes sur une même thématique et précisément sur des jeux similaires.

Comparaison des analyses de pratique des deux enseignantes dans les séances A et B

Nous remarquons que la manière dont les jeux 8 et 4 sont joués est différente dans les deux séances. En effet le triplet de genèses présente des caractéristiques différentes. Pendant le jeu 8 la topogénèse est essentiellement du côté de l'enseignante alors que pendant le jeu 4 la topogénèse est relativement équilibrée entre l'enseignante et les élèves. Nous remarquons aussi que la chronogénèse est majoritairement avancée pendant les jeux 4 et 8.

Les techniques didactiques « dévolution et institutionnalisation » sont les plus utilisées pendant le jeu 8 alors que dans le jeu 4 « l'institutionnalisation et la régulation » prédominent. En effet l'enseignante B pendant le jeu 4 reprend des éléments introduits par les élèves et régule le milieu.

Les deux enseignantes définissent par deux méthodes différentes la fonction commutation par transistor. L'enseignante A se base sur l'interdisciplinarité pour la définir. Elle introduit des éléments vus en 1^{ère} année secondaire (la loi de maille) en sciences physiques pour expliquer la commutation par transistor à travers la détermination des tensions dans une

⁵ Topogénèse enseignant : c'est l'enseignant qui fait avancer le savoir, il impose les objets signifiants du milieu.

⁶ Topogénèse élève : C'est l'élève qui fait avancer le savoir, il a la liberté d'introduire ce qui lui semble signifiant dans le milieu.

maille. L'enseignante B explique en citant des exemples. Suite à de nombreuses interactions, elle arrive à définir la fonction commutation en s'intéressant à la fonction commutation par transistor. Une définition par deux méthodes différentes pour la fonction commutation par transistor.

Épistémologie pratique des deux enseignantes

Pendant les jeux 8 nous remarquons que l'enseignante A est un transmetteur de savoir. En effet, la topogénèse est majoritairement sous sa responsabilité et donc c'est elle qui assure la succession des savoirs à institutionnaliser. Nous remarquons que l'enseignante A qui est une enseignante novice ne peut pas gérer les échanges en classe. Elle a tendance à fermer au maximum les situations. Nous constatons aussi qu'elle a montré à la fois sa volonté de satisfaire les exigences institutionnelles en dépit de la difficulté à le faire.

Nous remarquons que l'épistémologie pratique de l'enseignante B est alors centrée sur les interactions des élèves. En effet, elle cherche à se conformer aux programmes officiels et elle s'appuie sur ce qui a été enseigné la séance précédente et non sur le développement du savoir en jeu à ce moment-là. Elle exhume aussi les savoirs des documents distribués. L'enseignante B installe les élèves dans une position d'exécutants qui consiste à produire des réponses uniques à ses questions fermés.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail est d'étudier les conditions d'intégration de la science en action dans les pratiques effectives d'enseignement, en s'intéressant à la manière dont deux enseignantes de technologie enseignent la commutation par transistor.

Cette analyse se structure autour de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) afin d'analyser les pratiques des enseignants et en utilisant les descripteurs de la TACD tels que les trois genèses.

Nous avons utilisé une méthodologie qui permet de suivre la dynamique de l'action et qui consiste à collecter des données à partir des enregistrements vidéo des deux séances. En effet l'analyse des savoirs est faite suivant un découpage en jeu. Nous avons choisi de mettre l'accent sur des jeux d'enjeux similaires en vue d'une comparaison.

Nous avons également essayé dans ce travail de montrer qu'il y a des éléments spécifiques et génériques dans l'épistémologie pratique des deux enseignantes.

Notre cadre théorique étant centré sur le savoir, nous avons suivi deux enseignantes l'une novice et l'autre expérimentée dans leur enseignement au sein d'une même filière scientifique, d'un même concept : commutation par transistor. Les points essentiels de notre analyse étaient sur les pratiques de classes centrées sur le contenu du savoir, sa mise en scène tout au long de l'enseignement et la responsabilité du professeur et des élèves vis-à-vis de ce savoir ainsi que l'influence des déterminants de l'action professorale sur les pratiques.

En conclusion, nous constatons que l'enseignante A ayant acquis des diplômes assez avancé c'est pour cela qu'elle a des difficultés dans les échanges avec des élèves du secondaire d'où le milieu réduit et géré majoritairement par elle. Alors que l'enseignante B, vu son ancienneté, est plus à l'aise en gérant les interactions dans la classe.

RÉFÉRENCES

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.

Leutenegger, F. (2008). L'entrée dans une code écrit à l'école enfantine et l'articulation entre le collectif et l'individuel : comparaison de deux études de cas. *Education et Didactique*, 2(2), 7-42

Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques : deux études de cas en Découverte du Monde Vivant au cycle II de l'école élémentaire*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, France, Université Rennes 2.

Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds), *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 13-49). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.

Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles: DeBoeck

Sensevy, G., & Mercier, A. (Éds). (2007). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes PUR.

Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., N., & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 93–122). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.

Forms of argument used by pre-school children

KONSTANTINOS ZACHAROS¹, VASILIKI POURNANTZI¹,
ANDREAS MOUTSIOS-RENTZOS², MARIA ANGELA SHIAKALLI³

¹*Department of Educational Sciences and Early Childhood Education
University of Patras
Greece
zacharos@upatras.gr
vickypoul@gmail.com*

²*Department of Sciences of Pre-School Education and Educational Design
University of the Aegean
Greece
amoutsiosrentzos@aegean.gr*

³*Pre-school Education
Cyprus
angelashiakalli@primehome.com*

ABSTRACT

This paper investigates five and six-year old children's ability to employ logical reasoning in their in-class argumentation. Thirteen pre-school children participated in the study. The children were involved in organized dialogues in order to investigate their ability to construct logical arguments. A simplified version of Toulmin's argumentation scheme (including only data, claim and warrant) was adopted in order to analyse the students' reasoning and to identify the different types of argumentation. Our findings suggested that the structure of the children's arguments accords with the reasoning found in formal logic, including inductive reasoning, as well as reasoning based on the law of excluded middle.

KEYWORDS

Pre-school, argumentation, reasoning, Toulmin

RÉSUMÉ

L'étude présente examine la possibilité d'enfants d'âge préscolaire (de cinq et six ans) d'utiliser des arguments logiques au cours de l'enseignement en classe. Treize enfants d'une école maternelle ont participé à l'étude. Les enfants ont été impliqués dans des dialogues organisés afin d'étudier leur capacité à construire des arguments logiques. Une version simplifiée du schéma d'argumentation de Toulmin a été adoptée afin d'analyser le raisonnement des élèves et d'identifier les différents types d'argumentation. Les résultats ont montré que les élèves sont en mesure d'utiliser des formes d'arguments trouvées dans la science de la logique.

MOTS-CLÉS

École maternelle, argumentation, raisonnement, Toulmin

INTRODUCTION

Amongst the goals of the contemporary curricula, as early as pre-school education, is the development of the children's creative and critical thinking (Van de Walle, 2007; Shiakalli & Zacharos, 2014).

The purpose of this paper is to investigate young children's, aged five to six year olds, ability to use forms of argumentation and specifically forms of reasoning that are identified in the science of logic; such as, deductive reasoning, forms of indirect proof, cause-and-effect relationships, or arguments based on inductive generalisations.

One of the aims of formal education is to facilitate the students' transition from informal forms of knowledge and the everyday use of language towards the use of scientifically acceptable forms of knowledge and language, including scientifically accepted and formulated arguments.

Critical thinking development allows people to seek and construct logically founded meanings, to justify their thoughts with logically based arguments and to convince themselves and persuade others with arguments founded on logic (rather than employing other forms of justification, including authority or affect-based claims). Hence, critical thinking allows people to evaluate their own practices on the one hand, and to agree or disagree with others' opinions justifying their choice, on the other. Consequently, critical thinking essentially concerns those crucial aspects of the educational process that enhance the development of metacognitive thinking strategies and facilitating the students' ability to reflect on their own learning processes (Fisher, 2007).

The teachers' role is important in children's critical thinking development since they are responsible for the designing of a learning environment, which allows for the young learners' formulating claims, questions, controversies and synthetic reasoning.

FORMS OF ARGUMENTATION

Argumentation and reasoning are forms of logical thinking. Argumentation gives us an idea about the reasoning adopted by the students. Both notions in the spoken and written language consist of isolated, related or interrelated propositions, each having a different degree of generality.

In this section, we briefly discuss arguments in the form of deductive reasoning, as well as arguments based on non-deductive reasoning (Getmanova, 1989; Genesereth & Kao, 2013).

According to Aristotle, *deductive reasoning*, in their simplest form, consist of two premises and a conclusion, structured as follows: all p are q (first premise); t is a constituent of p (second premise); therefore, t is q (the conclusion). Deductive reasoning is characterised by its absolute degree of certainty, in the sense that given a specific case of a broader category and the rules of logic, what holds true for the category must hold true for the special case.

A type of non-deductive reasoning, called *abductive reasoning*, has the following structure: If p then q, q (true), then p (probably). Abduction essentially describes the process of conjecturing the premises from which a given conclusion may derive. Thus, abduction is linked with a smaller than one degree of certainty.

Another type of reasoning, which in formal logic is named as *modus tollens*, is based on the principle identified as the *law of excluded middle*. Arguments based on this reasoning, are structured as follows: if p is true, then q is true (first premise), but if q is not true (second premise), then p is not true either (conclusion). This type of reasoning is based on an internal structure and the conclusion arises as a unique and unambiguous consequence of the two

introductory statements (premises) of claims of the two premises. The relationship between premises and conclusion resembles the relationship between cause-and-effect, since “[t]he ‘if’ part explains the ‘then’ part” (Grabiner, 2012, p. 163).

The *reductio ad absurdum* rule (or “the rule of introduction of negation”) is another type of reasoning, indicating that a judgement p should be negated (considered necessarily false) if a contradiction derives from p (Getmanova, 1989).

Finally, *inductive reasoning* is the basis of arguments structured as: ‘If p_1 then q ’, and ‘If p_2 then q ’, and ..., ‘If p_n then q ’, then ‘If p then q ’ (where p_i are n instances of the category p). It follows that the validity of an inductive reasoning derives from the number of instances identified as a premise. Hence, the degree of certainty of an inductive reasoning can be one, only in the case that all instances are considered, thus implying that usually an inductive reasoning is linked with a smaller than one degree of certainty.

PRESCHOOLER’S ABILITY TO USE ARGUMENTS

Various studies have shown that four and five year old children, on the one hand, demonstrate the ability to employ deductive reasoning (Dias & Harris, 1988, 1990; Richards & Sanderson, 1999; Pournantzi, Zacharos & Shiakalli, 2015) and, on the other, they can evaluate the truth or untruth of a sentence, recalling arguments made in a previous time (Koenig, Clément & Harris, 2004). Often the children’s answers were justified and based on the information provided by the premises (Dias & Harris, 1990).

Furthermore, four and five-year old children succeeded in the case of inductive reasoning, when asked to think within situations contradicting reality (German & Nichols, 2003). Nevertheless, the children face difficulties to deal with a long chain of sentences constructing the reasoning process, thus making it difficult for the children to follow the sequence of events (Beck, Robinson, Carroll & Apperly, 2006).

It should be noted that the aforementioned research projects were conducted within a pedagogical framework which assisted the children to accept the hypothetical situations and, thus, to succeed in the reasoning process activities (Dias & Harris 1990; Richards & Sanderson, 1999; Pournantzi et al., 2015).

Moreover, at the early stages of schooling, the argumentation and reasoning process development are solely based on the classroom forms of verbal interaction, since it is through such interaction that a common framework of meaning is established (Mercer, 1995; Storm, Kemeny, Lehrer & Forman, 2001; Mercer & Sams, 2006).

METHODOLOGY

Sample

This paper presents a case study carried out in April 2014 at a public pre-school setting in Greece. The sample consisted of thirteen children of a middle class social background (referred to as S1-S13 in this paper): nine boys and four girls (mean age 5.5). All participants had attended at least one year of formal pre-school and were familiar with adult-child teaching interactions. None of the children had been involved in forms of formal reasoning processes or argumentation within the school context.

Research design

The study consisted of five autonomous teaching interventions. The pedagogical context for each intervention for the introduction and investigation of the children’s reasoning process

was formulated by the reading of a different story. The stories were chosen by the research group based on their adequacy to serve the teaching goal. Story adequacy was established through a pilot study. All storybooks were published in Greek - either original works in the Greek language or works translated into Greek. Based on the original storybooks, five autonomous brief articulated stories were constructed in order to allow narration interruptions and to facilitate the children’s discussion.

The duration of the intervention ranged from 25 to 40 minutes, depending on the story length and the children’s interaction. The collected data included the audio recordings of the interventions and the researcher’s field notes.

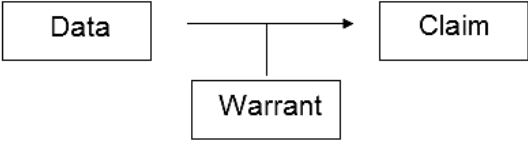
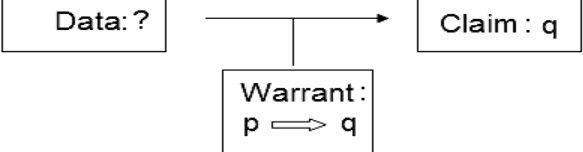
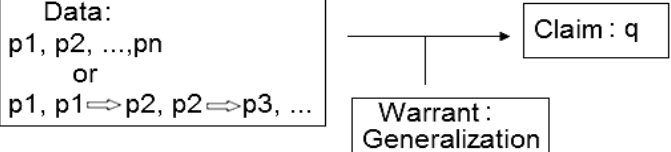
Analysis

The structure of the childrens’ argumentation was identified according to Toulmin’s theory of argumentation (1958). In specific, we utilised a simplified version of Toulmin’s model, consisting of three elements (see for example Pedemonte, 2008). The first step of an argument is expressed by a standpoint which is an assertion or an opinion. In Toulmin’s terminology, the standpoint is called the *Claim* (C). The second step consists of the production of *Data* (D) supporting and justifying the claim. The third element, called *Warrant* (W), provides the justification for using the data; it provides support for the data–claim relationship. The warrant, which can be expressed by a principle or a rule, acts as a bridge between the data and the claim.

The structural analysis following Toulmin’s model can be applied to all types of arguments (and proof in the case viewed as an argument) including the three common structures of inferences: deductive, abductive, and inductive (see Table 1).

TABLE 1

Structural analysis of three types of arguments according to Toulmin’s model

Arguments	Type of arguments
Deductive	
Abduction	
Inductive	

From Toulmin’s point of view, arguments are mainly individual rather than social acquisition while for Krummheuer (2007) perspective, arguments are socially motivated- he views them as the attempt of someone to persuade, using verbal expressions or external representations, for the correctness of his/her point of view.

RESULTS

In this section we present selective data deriving from two teaching interventions, investigating the children's argumentation with respect to reasoning types discussed in the theoretical framework. In our selection, we focused on the method of children's argumentation analysis according to Toulmin's typology.

First teaching intervention

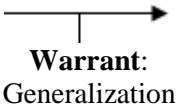
Pedagogical frame: the teaching intervention was based on a story by Alemagna (2010) "A lion in Paris": "A huge lonely lion felt extremely bored in the savannah so one day he left to find a job, some love, a future".

Extract 1. Cause and effect relation

1.1	<i>T (Teacher):</i> What made the lion leave the savannah?
1.2	<i>S₃:</i> They didn't give him good food. He didn't like it.
1.3	<i>T:</i> He didn't like it. Why not?
1.4	<i>S₃:</i> Because...
1.5	<i>T:</i> Who didn't give him nice food?
1.6	<i>S₃:</i> The servants.
1.7	<i>T:</i> The servants. They didn't give him nice food. And why did he decide to leave?
1.8	<i>S₃:</i> Because he didn't like the food they gave him.
1.9	<i>T:</i> And he decided to leave?
1.10	<i>S₁₁:</i> he might not have liked the country.
1.11	<i>T:</i> he didn't like where he lived? And why do you think he didn't like it there?
1.12	What did he not like the most and he wanted to leave?
1.13	<i>S₁₁:</i> I don't know what he would have liked.
1.14	<i>T:</i> What did he not like? What made him wanting to leave?
1.15	<i>S₁₁:</i> ...(Thinking)
1.16	<i>T:</i> What could he not like about his country?
1.17	<i>S₁₁:</i> He might not have liked the lake he had.
1.18	<i>T:</i> He might not have liked the lake he had.
1.19	<i>S₈:</i> He might not have liked the house, this country, food and all he had seen, because he saw what he had seen.
1.20	<i>T:</i> Oh! So you say he saw everything in his country. And? He decided to leave?
1.21	<i>S₈:</i> Yes! This is why he left. To see (<i>means to see other things</i>).
1.22	<i>T:</i> To see what?
1.23	<i>S₈:</i> To see a new country. How it is.

In the above dialogues (lines 1.2, 1.10, 1.17, 1.19-1.20) subjects show a series of possible causes for the lion wanting to leave the savannah. According the Toulmin's scheme, children formulated argumentations based on inductive reasoning (Table 2).

TABLE 2
Inductive reasoning

<p>Data: S₃: Because they didn't give him nice food. He didn't like it. S₁₁: He might not have liked this country. S₁₁: He might not have liked the lake he had. S₈: He might not have liked the house, this country, the food and all he had seen, because he saw what he had seen.</p>	 <p>Warrant: Generalization</p>	<p>Claim: The lion decided to leave the savannah.</p>
---	---	--

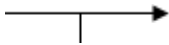
Story continuation: *“He got to Paris by train without any luggage. It was his first time in a large city. And, not to our surprise, he was a little scared.”*

Extract 2. Cause and effect relation

<p>2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 2.10 2.11 2.12 2.13 2.14 2.15 2.16 2.17 2.18 2.19 2.20 2.21</p>	<p>T: it was the lion's first time in a large city such as Paris and he was a little scared. What scared him? S₄: People. T: People. What else? S₃: The train. T: Why did the train scare him? S₃: Because they make a lot of noise and it might have deafened him. T: What else could have scared him? S₅: So many people. T: So many people. What else? If we go into a large city, what can usually scare us? S₅: The people might have been a little strange and he felt scared. T: people might have been a little strange and he felt scared. What else could have scared us if we had gone into a strange city? S₃: Animals. T: Why would animals scare us? S₃: Because strange animals, which we have not seen in our city might scare us. T: Strange animals can scare us. What else could scare us? S₁₂: Some people might be bad people. T: What do you mean bad? S₁₂: Wanting to kill us. T: They wanted to kill the lion? S₁₂: Yes! If they were hunters!</p>
--	--

In dialogues 2, children also develop arguments which are based on inductive reasoning as shown in Table 3.

TABLE 3
Inductive reasoning

<p>Data: S4: People. S3: The train. Because they make a lot of noise and it might have deafened him. S5: So many people. The people might have been a little strange and he felt scared. S3: Animals. Because strange animals, which we have not seen in our city might scare us. S12: Some people might be bad people. Wanting to kill it.</p>	 <p>Warrant: Generalization</p>	<p>Claim: The lion was scared in such a large city as Paris.</p>
---	---	---

Second teaching intervention

Pedagogical frame: the teaching intervention was based on the story “Shovel on Mars” (Trivizas, 2013), edited by the research team for the needs of the study: “Once upon a time, three astronauts went to explore Mars. When they finished exploring the planet they decided to go back to Earth. They collected all their things and left. But they forgot to take their shovel. When the astronauts left, the aliens on Mars, called Martians, walked around the strange object they had never seen before and kept asking one another ‘what is this thing?’. After long talks and hard thought they decided that it was a lamp post”.

Modus tollens and inductive reasoning

Extract 3. Modus tollens reason and inductive reasoning

<p>3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9 3.10 3.11 3.12 3.13</p>	<p>T: if this was a lamp post (shows the shovel) would it have something special? S₂ and S₃: Light. T: Light. But is this (shows the shovel) a lamp post? Students: No! T: Why? S₄: Because it has no light. And it does not look like that. T: How so? Can you explain? S₄: It has no light, it has nothing to switch off. S₁₃: Because it has no wood at the top and no metal at the bottom to dig. [...] S₁₁: Because it has no lamp. [...] S₉: Because it has no electricity. [...] S₆: It has no cord. [...] S₄: It has no switch to turn on.</p>
--	---

In Extract 3, it is argued that the children’s reasoning resembles the structure of modus tollens reasoning (lines 3.1-3.6). Nevertheless, the children’s reasoning was incomplete in terms of formal logic, since the second premise was based on incomplete inductive reasoning, where the concept of the “middle term” did not consist of all possible cases (see Table 4).

TABLE 4
Form of modus tollens reasoning

	Reasoning structure
1 st premise	If statement p is true then statements q ₁ , q ₂ , q ₃ , ... are also true.
2 nd premise	But statements q ₁ , q ₂ , q ₃ , ... are not true.
Conclusion	Then p is also no true.

According the Toulmin’s scheme of argument here has the form showing in Table 5.

TABLE 5
Modus tollens reasoning

D: if this was a lamp post (p)	 W: p→q	C: (It would have) Light (q)
Then, the p statement is false also		But this statement is false <i>S₄:</i> Because it has no light. And it does not look like that. <i>S₄:</i> It has no light, it has nothing to switch off. <i>S₁₃:</i> Because it has no wood at the top and no metal at the bottom to dig. [...] <i>S₁₁:</i> Because it has no lamp. [...] <i>S₉:</i> Because it has no electricity. [...] <i>S₆:</i> It has no cord. [...] <i>S₄:</i> It has no switch to turn on.

Story continuation: “The Martians continue looking at the strange object trying to find out what it is. “Might it be a lion?, said A Martian. “Yes, yes it is”, said another Martian. “Just a moment! It does not look like a lion to me”, said a third Martian”.

Extract 4. Modus tollens reasoning

4.1	<i>T:</i> If this (shows the shovel) was a lion, would it have something special?
4.2	<i>S₄:</i> It would have a tail. [...]
4.3	<i>S₂:</i> It would have a mane and sharp teeth and it would eat them up. [...]
4.4	<i>S₁₃:</i> It would have eyes and sharp nails and a tongue.
4.5	<i>T:</i> Good! So has this (shows the shovel) got sharp teeth to chew?
4.6	<i>Students:</i> No!
4.7	<i>T:</i> Why?
4.8	<i>S₄:</i> Because it is not a lion. It is a shovel.

In Extract 4 children based again their justification on an incomplete modus tollens form of reasoning based on the law of excluded middle, where the concept of the “middle term” did not consist of all possible cases (Table 6).

In this case we again see the subjects contributing to the formulation of argument, more specifically the formulation of claim, giving possible effects from the assumption of the premise.

TABLE 6
Modus tollens reasoning

<p>D: <i>If this (shows the shovel) was a lion (p)</i></p>	<p>W: $p \rightarrow q$</p>	<p>C: <i>S₄: It would have a tail.</i> <i>S₂: It would have a mane and sharp teeth and it would eat them up.</i> <i>S₁₃: It would have eyes and sharp nails and a tongue (q)</i></p>
<p>Then, the p statement is also false</p>		<p>But, all these statements are false</p>

Story continuation: “The Martians continue to look at the strange object with the same curiosity. “Could it be a sponge?”, said a Martian. “Yes, Yes. It is a sponge”, said another Martian. “It does not look like a sponge to me”, said a third Martian”.

Extract 5. Shovel and sponge comparison

<p>5.1 5.2 5.3 5.4 5.5</p>	<p><i>T: Can this (show the shovel) be a sponge?</i> <i>Students: No!</i> <i>T: Can it not be a sponge?</i> <i>S₁₂: Because if you squeeze it you will not get any soap and water.</i> <i>S₅: And it is not square with soap and water and soft either.</i></p>
--	---

In Extract 5, children formulated argumentations based on inductive reasoning (Table 7).

TABLE 7
Inductive reasoning

<p>D: <i>S₁₂: it... (has) not get any soap and water.</i> <i>S₅: And it is not square with soap and water and soft either.</i></p>	<p>W: Generalization</p>	<p>C: <i>Students: No! (it not be a sponge)</i></p>
---	---------------------------------	---

DISCUSSION

The findings of this study support the thesis posed by various researchers that through appropriate pedagogies it is possible to facilitate the pre-school children’s developing of critical thinking within a pedagogical context guiding the employment of logical reasoning (Dias, & Harris, 1998, 1990; Richards, & Sanderson, 1999; German, & Nichols, 2003).

Various research projects have investigated the students’ argumentation processes, suggesting the convergences and divergences of ‘everyday’ (for example, narrations, discussions) and formal argumentation, including primary education children, university students and mathematicians (Inglis, Mejia-Ramos & Simpson, 2007; Pedemonte, 2007; Weber, Maher, Powell, & Lee, 2008; Moutsios-Rentzos, 2009; Moutsios-Rentzos, & Simpson, 2011). The findings of this study complement and extend this line of research showing that the pre-schoolers were able to respond by employing lines of arguments

resembling the argumentation forms of the law of excluded middle and of inductive reasoning.

Not only did the children use the given information in order to come to the correct conclusion, but they also seemed to have accepted the commitments required by the activity communication frameworks, referring to situations contradicting their experiences. Moreover, students seemed to have developed argumentation structures that can be applied on hypothetical situations. The above observations were in agreement with other research findings (Beck et al., 2006) showing children's ability to cognitively decentralize from their immediate experiences, as well as their ability to build reasoning processes based on imaginary or hypothetical situations.

The communication framework within which such concepts were integrated appeared to stimulate children's interest and to determine their positive emotional attitude towards the specific aims. Here, the communication framework's significant parameters were the verbal interactions between children and adult.

As noted by Mercer (1995), the use of language is the means for creating meaning between teacher and student. Guiding students, through suitable questions, is critical in children's familiarization with the reasoning processes.

In the case of this study we see a development of Mercer's cumulative talk, which is characterized by the additive submission of arguments, repetitions and rephrases.

In conclusion, it is stressed that this was the first time, within the classroom context, that the children had come into contact with such cognitively demanding processes. The children appeared to be able to successfully cope with such situations, suggesting the possibility of introducing these concepts in pre-school education. We posit that the story-based teaching interventions can be applied across multiple disciplines including mathematics, science education, and linguistic education, complementing existing research projects that draw upon embodied experiences of phenomena (see for example, Moutsios-Rentzos, Spyrou & Peteinara, 2014), in the sense of moving the cognitive focus on thought experiments in a linguistically defined setting that may expand or transcend a merely perceptually defined phenomenon. Further research is currently designed and implemented with the purpose to investigate the systematic introduction of formal reasoning processes in young ages, focussing on appropriate teacher preparation and encouragement.

REFERENCES

- Alemagna, B. (2010). *A lion in Paris*. Kalamata: Kokkino.
- Beck, S. R., Robinson, E. J., Carroll, D. J., & Apperly, I. A. (2006). Children's thinking about counterfactuals and future hypotheticals as possibilities. *Child Development*, 77(2), 413-426.
- Dias, M. G., & Harris, P. L. (1988). The effect of make-believe play on deductive reasoning. *British Journal of Development Psychology*, 6, 207-221.
- Dias, M. G., & Harris, P. L. (1990). The influence of the imagination on reasoning by young children. *British Journal of Development Psychology*, 8, 305-317.
- Fisher, R. (2007). Dialogic teaching: developing thinking and metacognition through philosophical discussion. *Early Child Development and Care*, 177, 615-631.
- Genesereth, M., & Kao, E. (2013). *Introduction to Logic*. (n.p.): Morgan and Claypool Publishers.
- German, T. P., & Nichols, S. (2003). Children's counterfactual inferences about long and short causal chains. *Developmental Science*, 6(5), 514-523.

- Getmanova, A. (1989). *Logic*. Moscow: Progress Publishers.
- Grabiner, J. V. (2012). Why proof? A historian's perspective. In G. Hanna and M. de Villiers (Eds.), *Proof and proving in Mathematics Education* (pp. 147-167). Dordrecht Heidelberg London New York: Springer.
- Inglis, M., Mejia-Ramos, J. P., & Simpson, A. (2007). Modelling mathematical argumentation: The importance of qualification. *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 3-21.
- Koenig, M. A., Clément, F., & Harris, P. L. (2004). Trust in testimony. Children's use of true and false statements. *Psychological Science*, 15(10), 694-698.
- Krummheuer, G. (2007). Argumentation and participation in the primary mathematics classroom. Two episodes and related theoretical abductions. *Journal of Mathematical Behavior*, 26, 60-82.
- Mercer, N. (1995). *The guided construction of knowledge: talk amongst teachers and learners*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Mercer, N., & Sams, C. (2006). Teaching children how to use language to solve math problems. *Language and Education*, 20(6), 507-528.
- Moutsios-Rentzos, A. (2009). Styles and strategies in exam-type questions. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou & H. Sakonidis (Eds.), *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 145-152). Thessaloniki, Greece: PME.
- Moutsios-Rentzos, A., & Simpson, A. (2011). University mathematics students and exam-style proving questions: The A-B- Δ strategy classification scheme. *International Journal for Mathematics in Education*, 3, 45-64.
- Moutsios-Rentzos, A., Spyrou, P., & Peteinara, A. (2014). The objectification of the right-angled triangle in the teaching of the Pythagorean Theorem: an empirical investigation. *Educational Studies in Mathematics*, 85(1), 29-51.
- Pedemonte, B. (2007). How can the relationship between argumentation and proof be analysed? *Educational Studies in Mathematics*, 66, 23-41.
- Pedemonte, B. (2008). Argumentation and algebraic proof. *ZDM- The International Journal on Mathematics Education*, 40(3), 385-400.
- Pournantzi, V., Zacharos, K., & Shiakalli, M. A. (2015). Investigating pre-school children's ability to formulate logical arguments. *Analytic Teaching and Philosophical Praxis*, 36(1), 89-109.
- Richards, C. A., & Sanderson, J. A. (1999). The role of imagination in facilitating deductive reasoning in 2-, 3- and 4- year-olds. *Cognition*, 72, B1-B9.
- Shiakalli, M. A., & Zacharos K. (2014). Building meaning through problem solving practices: the case of four-year olds. *Journal of Mathematical Behavior*, 35, 58-73.
- Storm, D., Kemeny, V., Lehrer, R., & Forman, E. (2001). Visualising the emergent structure of children's mathematical argument. *Cognitive Science*, 25, 733-773.
- Toulmin, S. E. (1958). *The use of arguments*. Cambridge: University Press.
- Trivizas, E. (2013). *A shovel on Mars*. Athens: Metaichmio.
- Van de Walle, J. A. (2007). *Elementary and Middle School Mathematics. Teaching development*. Boston: Pearson.
- Weber, K., Maher, C., Powell, A., & Lee, H. S. (2008). Learning opportunities from group discussions: Warrants become the objects of debate. *Educational Studies in Mathematics*, 68(3), 247-261.

Whitenack, J. W., & Knipping, N. (2002). Argumentation, instructional design theory and students' mathematical learning: a case for coordinating interpretive lenses. *Journal of Mathematical Behavior*, 21, 441–457

From the first lesson to one year later: reflection of a French student-teacher

MARIA-ANTONIETTA IMPEDOVO, HÉLÈNE CHENEVAL-ARMAND

Aix Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671
13248, Marseille
France
aimpedovo@gmail.com
Helene.armand@univ-amu.fr

ABSTRACT

The research presented in this paper aims to investigate a student-teacher reflection using the medium of video. To promote a reflective activity, we invited a teacher-student to verbalize about her own activity in a recording of a lesson carried out by the same teacher one year earlier. The lesson was performed in a vocational high school, followed by a meeting with the teacher and a university tutor. Qualitative analysis is used. This study supports the integration of video into teacher-student training as a tool of reflection.

KEYWORDS

Video, teachers-student, teacher training, reflection

RÉSUMÉ

Le travail de recherche présenté dans cet article vise à étudier les réflexions d'un enseignant stagiaire à partir d'un enregistrement vidéo. Dans l'objectif de promouvoir une activité réflexive, un stagiaire enseignant a été invité à parler de sa propre activité à partir d'un enregistrement d'une leçon conduite par ce même enseignant une année plus tôt. La leçon a été menée dans un lycée professionnel, suivi d'un entretien entre l'enseignant et un tuteur universitaire. Une analyse qualitative a été faite. Cette étude encourage l'intégration de vidéos dans la formation des enseignants stagiaires comme outil de réflexion.

MOTS-CLÉS

Vidéo, stagiaire enseignants, formation des enseignants, réflexion

THEORETICAL FRAMEWORK

From theory to teacher practice

The teaching training provides student-teachers with knowledge and educative practices but also give them opportunity to take on a new professional role, shifting from student to a teacher role. Indeed, the teacher-student has to start building and realize what is generally called a teacher professional identity. We consider that a central moment to start to shape teacher professional

identity for a student-teacher is to link theory and practice, a central issue for teacher education (Falkenberg, Goodnough & MacDonald, 2014). The integration of theory and practice in initial teacher education is well expressed in practical experience during field experience, making visible the invisible of learning (Mitton-Kukner, Murray Orr, 2014). During the first experiences in the classroom, teacher-students have the opportunity to confront themselves with practical questions and problems. In this way the first teaching experiences connect education and professional setting (Lambert, 2003).

Reflection of practice thought the video

Self-reflection is considered useful in increasing professional skills and in promoting professional development (Alsup, 2005). These reflective processes have to take place before, during and after professional actions, helping in identifying the strengths and weaknesses of teaching practice and improving it (Vloet, 2009; Ahmed & Al-Khalili, 2013). To help student-teachers understand how practice fits theory it could be interesting to discuss the impact of student-teachers' reflections on their own classroom discourse (Orland-Barak & Hayuta, 2007). In this case the interaction of the novice with the expert is of great importance (Korthagen & Vasalos, 2005). We consider that reflective practice should be promoted by the educational system in a systematic and organized way (Brockbank & McGill, 2007), the interaction of the novice with the expert is of great importance.

A technological tool that has gained emphasis in teaching training is the digital video (Rosaen, et al., 2008; Santagata & Angelici, 2010; Koc, 2011). It is especially useful for increasing pre-service's and novice teachers' ability to relate their university learning to their classroom practice and bridge the gap between theory and practice (Cannings, Talley, Redmond, & Georgi 2002; Abell & Cennamo, 2004; Gaudin & Chaliès, 2012; Seidel, Blomberg & Renkl, 2013). In the following section, we present the context of the teaching education in France in order to introduce our research.

Teacher Education in France

Since 2013, to become teacher in France a Master's degree called "*Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation*", provided by the Higher Schools of Teaching and Education (in the following, ESPE) is a prerequisite for teaching. This specific teaching training is based on theoretical and practical experiences and enables student-teachers to build competencies related to the knowledge taught in the different teaching units throughout the curriculum.

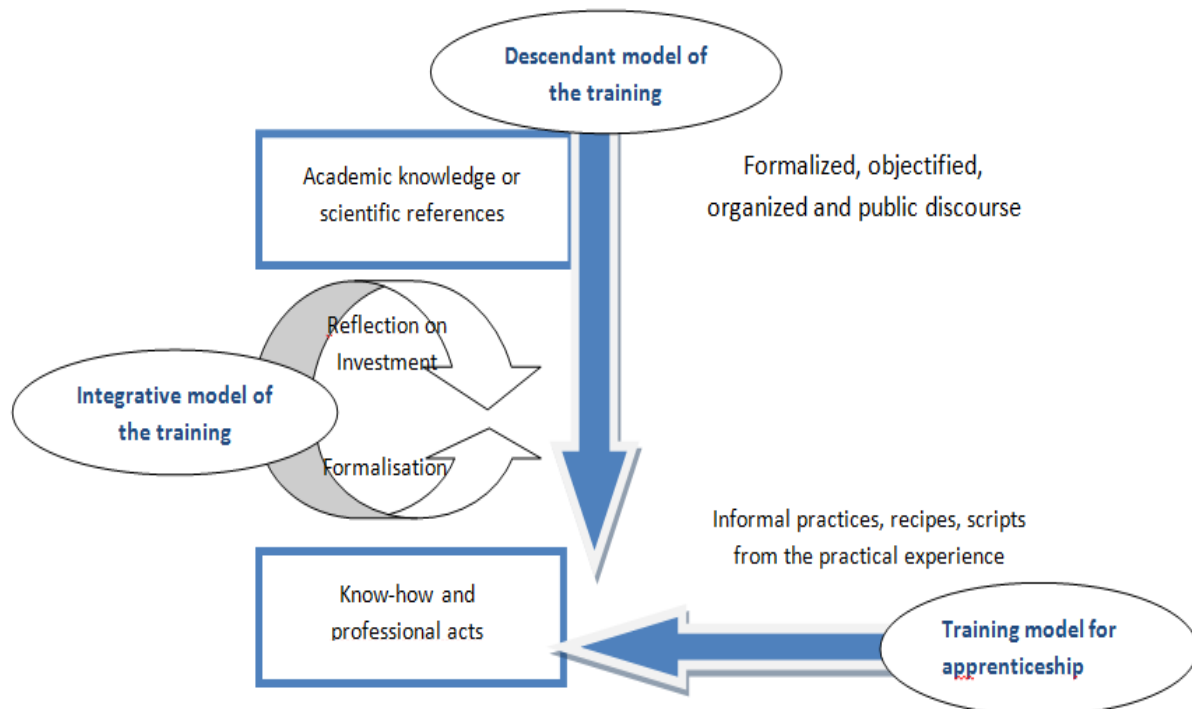
In the first year of the Master's degree, practical experience is based on observation, aimed at the development of skills for a first professional simulation. The student-teachers have to actively participate in the organization of teaching sequences, considering the respective subject areas. These goals are achieved in close collaboration with the teaching staff of the ESPE and under the guided supervision of the teacher in charge.

In the second year of the Master's degree, the student teachers, those have passed the national examination, have the status of official trainees and can undertake practical experience in classroom, corresponding to part-time in-service teaching. In this new status, the teacher participates in all activities concerning the life of the school, in terms of teaching (preparing lessons, assessment, etc.), academic support, and institutional involvement (participation in school projects, etc.).

The Aix Marseille ESPE has implemented a specific training experience called "*Travaux Dirigés*" (TD - guided works unit). The aim is to move from a descendant approach (where the acquisition of knowledge comes before the professional learning) to an integrative model of

education, where knowledge and professional skills are closely combined with the contexts of practice and scientific/didactic approaches. A schematic representation of this model is shown in Figure 1.

FIGURE 1



A schematic representation of the descendant model of the training

Two steps guide the organization of the TD. Firstly, there is the practical experience of the student in the classroom setting, carried out in the presence of a teacher and tutor. Secondly, the teacher and tutor perform an interview with the pre-service teacher to assess and interpret the first professional practice elements and make the connection between knowledge and professional practices.

The research presented below is based on the teaching training in France and in particular during the interplay between theory and practices during the TD. We consider that teaching training plays a fundamental role in forming the base for initial and continuing professional development (Flores & Day, 2006). In this training formation, two basic elements of discussion are considered the ability to shift from theory to practice (Goodson & Cole, 1994; Bullough, & Gitlin, 2001) and the possibility for teachers to apply critical reflection on their own practice (Schön, 1991; Cunliffe, 2009; Wentzel, 2010). In this way, student-teachers can successfully link pedagogical knowledge to classroom practice (Borko, Liston, & Whitcomb, 2006). However, many student-teachers struggle when trying to integrate knowledge into the practical context of a classroom (Blomberg, Stürmer & Seidel, 2011), finding it difficult to pay attention to key elements of classroom instruction and to deal with the complexity of classroom interactions (Stokking, Leenders, de Jong & van Tartwijk, 2003; Star & Strickland, 2008).

Considering this, we will analyse the first lesson performed during the teaching training and the teacher-student revision of her lesson video after one year.

Objectives of the research

The research aims to examine the professionalization of a student-teacher from the first lesson during teaching practice to one year later. What criteria of effective teaching does a student teacher provide after a year of professional experience?

To answer this question, we observed a teacher-student performing a lesson during the teaching training. Then, we collected the reflections of the teacher-student on the own video lesson after a year. The focus is the individual perspective of a teacher-student's reflection through video along a temporal axis from the first real lesson as a student teacher to a part-time in-service teacher position a year later.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Participant

L. was a 23 years old student-teacher of at the first time that we contacted her. She was in the second year of the MEEF and trained to become a teacher in electrical engineering. Before, she gained a bachelor degree in Industry, Technology and Electrical Engineering (2010), a Higher National Diploma in electrical engineering (2012) and a professional degree as 'Technical Coordinator for Electrical Installations' (2013). In 2014, she finished the MEEF master and she exceeded the national competition in obtaining the official qualification to become a teacher in France. So she was an in-service part-time teacher at the moment of the interview.

Data collection

First session: lesson and confrontation

The first data was collected when L. was in the second years of the master in teaching training. The existing experience of L. at the moment of the lesson was four weeks training conducted as part of the training curriculum in the first semester of the course.

The observed lesson was conducted by L. in a class of first-year students on the Bachelor Professional Electronics, Energy and Communication course (called in French 'Bac Pro ELEEC'). Twelve students were present, all male, aged about 18 years old. The discipline was 'Industrial Science and Technology' in technological and scientific training. This subject is the heart of training for future electricians. The observed lesson titled 'Pipeline section and protection of installations' aimed to bring future electricians to calculate the section of a power line and the protection of the pipeline.

The lesson was organized under the direction of a university trainer specialized in energy engineering business and a school tutor specialized in electronic engineering. L. presented her lecture with the aid of a PC linked to a projector and a blackboard. The computer screen of the teacher was projected on the wall in front of the students to enable them to follow. After obtaining the necessary informed consent of the students, a researcher recorded the lesson using a semi-mobile video camera for a total of 60 minutes.

Right after the lesson in the same class, L. conducted a confrontation between the university trainer (about 20 minutes in total) and school tutor (about 10 minutes). These moments are also recorded by the researcher. The same researcher was present in all three sessions.

Second session: reviewing of the lesson

L. was contacted after one year to watch and comment her first lesson. In the year since the lesson being videotaped, L. was employed as teacher in a school. So, at the time of interview, she had one year of professional experience as teacher.

L. was invited to review the video of the classroom and to decide the points at which to stop and comment on classroom events (Jacobs & Morita, 2002). At the same time, the researcher also proposed some questions as prompt to discussion (What are your feelings as you watch during the viewing of your lesson? What aspects do you think you have improved in the educational and pedagogic dimensions?; Do you consider yourself a more expert teacher today?). This situation is referred as “auto-confrontation” in the educational literature, particularly spread in French literature (Clot & Fajta, 2000; Clot, Fajta, Fernandez & Scheller., 2000). In this situation the participant verbalizes about the recording of her own activity. The interview was carried out in a quiet room by one of the researchers involved in this study. The session was videotaped and lasted about two hours.

So, the total corpus of the data obtained consists of: 1) the lesson and confrontation video recordings relating to lesson and confrontations (for a total of 113 minutes of video); 2) the recording video of the reviewing of the lesson (two hours).

Data analysis

The data analysis was qualitative in nature considering the data of the research. We performed the following steps: a) All the video data was viewed more than once, in order to identify episodes that can provide useful elements to answer our research question; b) Significant episodes were identified. These have the features of being homogeneous and relevant to our objectives, with recognizable moments of a beginning and end, in which it was possible to recognize indicators of the learning trajectory; c) Once episodes had been chosen, we proceeded to the transcript of verbal interventions using the Jefferson code (2004). All sections were analyzed by all the researchers involved who discussed and agreed on all stages of the analysis, reaching total agreement. Then, the researchers carried out a linguistic analysis in order to identify the typology and themes in relation to professional development.

In particular we have identified three dimensions, which reflect those identified by Beijaard, Meijer and Verloop (2004):

1. Pedagogical expertise;
2. Educational expertise;
3. Subject matter expertise.
4. To this, we also added the emotional expertise.

Then, we focused on the changes highlighted by the teacher-student when compared to her experience, considering the four dimensions. For this, we considered linguistic indicators concerning time (like *now*, *today*, *before*, *in that moment*, etc.) that express the discontinuity between the first lesson and the today experience.

FINDINGS

To answer to our research question about the elements of professionalization that a teacher-student recognize and identify in her own professional development, we present a general description of the two sessions to focus more deeply on the elements emerged.

Analysis of the two video-recorded sessions

1. *About Pedagogical expertise*, we can see that L. starts the lesson showing the format and explaining the learning task. During this first phase (about the first 10 minutes of the lesson), L. is constantly facing the whiteboard and projection on the wall; she does not address any questions to the students or attempt to interact with them. Her attention is directed to the technological (blackboard, projection, pc) and semiotic artefacts (mathematical formulas, scheme etc.) that become the main interaction with the students. Then, from about 10 to 40 minutes, the relationship with the class evolves and the student-teacher uses the questions as her main pedagogical strategy. She begins to pose more questions of a different type (rhetoric, to probe understanding or draw attention) to students and speaks more to them (for example, “Do you all understand the formulas or not?; Is it ok until now? What will we choose in this table?; So, what does the delivery tell us?”). In the last part of the lesson (from 40 to 60 minutes), L. introduces a final pedagogical strategy: she goes directly in the bench to probe and stimulate the student learning. At the end of the lesson, L. is more open to the relationship and interaction with the students, using a more direct approach with them.
2. *About Educational expertise* it emerges in the confrontation of the lesson between L. and the university trainer. The university trainer was leading the student-teacher to an awareness of the importance of the rules which the teacher should monitor compliance (silence and attention) to make the students in condition to take advantage of the learning. Also, it emerges the importance of giving an objective to the students about the learning that is taking place during the lesson, showing the importance of the meaning of learning. About this L. express the difficulty to connect her lesson to meaningful experience for the students (“for me, the problem is that I know that in real life this is not useful because it is done by the automatic software with all the formulas ... and so ...”).
3. *About subject expertise*, it emerges on the discussion on content during the discussion with the school teacher. The position of the student-teacher was still uncertain but oriented to changing, recognizing areas for improvement (“It is true, I have to improve this etc.”). In general, in the first session emerges a vision of a teacher who plays a very central role in the conducting of activities, trying to keep control through the use of artefacts and a highly structured task.
4. *About the emotional expertise*, during the reviewing of the lesson video recording one year later, L. commented several times that she felt stressed carrying out her first lesson. She noted that the stress was manifested by a rigidity of movement and the position of her body. Indeed, she remained behind the chair for most of the lesson and moved around the artefacts (computer and blackboard). Stress becomes less evident towards the end of the video, when she starts to move between the students (“I move quickly in the end, I became more and more relaxed”). From the comments, it appears that the reason for this stress lies in the presence in the classroom of the university tutor and the teacher in charge of the lesson to observe and evaluate her performance. She believes that she was not adequately prepared for such a situation. L. highlights some aspects of interaction with students that she failed to manage during the lesson, such as eye contact and verbal communication (“Firstly, I do not watch the students at all. Here is a student who I just didn’t see. I think I didn’t have the right attitude”). The reasons can be traced to the rigidity of action and the lack of listening skills, L. seeming to be ‘cold’. Finally, with regard to the viewing of the video, she reports that “It is hard to watch myself take the lesson”. But still she comments positively some aspects, for example she considers strong

and clear her voice during the lesson and that her gestures and posture are better than she thought.

Changes highlighted by the teacher-student after one year

1. *About pedagogical and educational expertise*, L. expresses to have done a significant improvement when compared to a year previously. An element of reflection is about the checking of students' understanding and the difficult questions asked by the students ("I have not asked if they understood, this is something I do all the time now. Today, sometimes it happens that I ask if they have understood, but when I look at the written task, I wonder why they told me 'yes' but have not given the correct answer so I ask them to explain better ... Today, if they ask me a question that I don't know the answer to, I say that I do not know...").
2. *About Educational expertise*, L. underlines some problems she had with the artefacts during the lesson, such as the form with the instructions to perform the exercise, the computer connected to the projector, and the blackboard ("Today I would not use this type of form because students do not follow it. I remember, it was a big problem to fit all the information on only five pages! Today, in my lectures, I don't use the projector for that. Students use computers directly in their hand or their iPads. Today, the only thing I project is the results of the test or a correction of their homework").
3. *About subject expertise*, L. considers how she is now better able to adapt the lesson to her class, due to experience with students ("I think I have learned how to bridge the gap between theoretical knowledge and the ability to put it into practice. There are many things I know how to do quickly. But this year I became aware that I could not explain it in a clear way. So I learned how to explain it. And I have to explain it to students who never heard about it before. Before, I explained it as though I was reading it for me. I learned this aspect for myself and not from the teacher training. I think that this skill is now learned thanks to my students. Now I provide many concrete examples").
4. *About the emotional expertise* she comments ("Now I have realised this, I do not just read the text and I am no longer in a 'breathing space'. I am able to say a full sentence [laughs]. I go into the topic and everything becomes easier. Also there I felt protected behind the chair but now I do not feel this!").

DISCUSSION AND CONCLUSION

In this paper we analyzed a case-study of a teacher-student in a longitudinal perspective from her first lesson to a year later, focusing on the individual perspective in teaching process (Prabjandee, 2014).

From the analysis we can consider that the student-teacher, in her first lesson, found difficulties in giving attention to key elements of classroom instruction and dealing with the complexity of classroom interaction (Stocking, Leenders, de Jong & Van Tartwijk, 2003; Star & Strickland, 2008). She seemed to implemented to have used a traditional lecture format, very formal and inappropriate for the context, delivering to the students more than guiding them.

After one year of teaching, the teacher considered herself able to identify the key elements of classroom management, and showed a higher level of pedagogical, educational, subject and emotional expertise (Putnam & Borko, 2000). In particular, L. became more aware of the interests and needs of her students, taking under consideration of their feelings and emotions and

focusing on the communication with them. At the same time, she affirmed to become more able to manage her emotional aspects (Doudin, & Curchod-Ruedi, 2008; Gendron, 2011). This last point is particularly important for an early career teacher, often in a condition of stress in the professional transition (from student to teacher role), activating cognitive and emotional resources for the new professional identity (Akkerman & Meijer, 2011). The practical experience acquired in one year allowed her to dive in the future community of professional teachers, assimilating languages, practices and processes of signification (Wenger, 1998).

The results show the importance of the reflection, useful for enhancing skills and for constructing and negotiating meaning. The reflection on teaching practices can help to improve teaching expertise, like the ability to notice and interpret classroom situations, analyze and make good use of them. The use of the video can be considered a tool of learning and reflection, developing observation and analysis. The revision of their own lesson video recording could help teachers to improve classroom management, identify situations that are relevant to learning, and engage them in knowledge-based reasoning about teaching and learning processes (Orland-Barak & Hayuta, 2007). The use of video in student-teaching training is still a new practice therefore a larger and critical adaptation is necessary (Santagata, Zannoni, & Stigler, 2007; Santagata, 2014). The revision of a classroom video is not effective in itself but has to be contextualized and supported by a tutor for an effective development of teaching expertise (Jacobs, Kawanaka & Stigler, 1999; van Es, 2009). Indeed, a structured reflection on video lesson in teaching training supports the acquisition of knowledge and competence, connecting theory and practice (Bullough & Gitlin, 2001). Actually, the introduction and use of video in teaching training received particularly attention in France (Saussez, 2014). Example of this discussion is the French platform Néopass@ction (Durant, 2014; Leblanc & Ria, 2014). It is a professional network to share video about problems, difficulties and different experiences of early career teacher, sharing video in teaching communities (Rich & Hannafin, 2008).

From a methodological point of view, the specific situation of data collection of “auto-confrontation” (Clot & Fajta, 2000; Clot et al., 2000) is revealed to be a suitable instrument for our intended purpose. Indeed, in this study, the pre-service teacher had the possibility to concentrate deeply on her activity, becoming analysts of her activity, with the narrative support of the researcher. For these reasons, our research could help design a more structured path to improve the reflection of student-teachers with the support of video material. Also, such research gives us some suggestions about the teaching models in the French teaching training context and in particular about the training experiences of the Guided works unit, supporting the importance of the intertwinement between practical experience and the teacher training curriculum for the professionalization of teaching.

Future research has to be addressed on the effect of reflections of early career teacher on own video and, at the same time, the importance of sharing these reflections on lesson video with the teaching community.

REFERENCES

Abell, S. K., & Cennamo, K. S. (2004). Videocases in elementary science teacher preparation. In J. Brophy (Ed.), *Using video in teacher education* (pp. 103-130). Oxford, UK: Elsevier.

- Ahmed, E. W., & Al-Khalili, K. Y. (2013). The impact of using reflective teaching approach on developing teaching skills of primary science student-teachers. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 3(2).
- Akkerman, S. F., & Meijer, P. C. (2011). A dialogical approach to conceptualizing teacher identity. *Teaching and Teacher Education*, 27, 308-319.
- Alsup, J. (2005). *Teacher identity discourses. Negotiating personal and professional spaces*. Mahwah, N. J: Lawrence Erlbaum.
- Beijaard, D., Meijer, P. C., & Verloop, N. (2004). Reconsidering research on teachers' professional identity. *Teaching and Teacher Education*, 20, 107-128.
- Blomberg, G., Stürmer, K., & Seidel, T. (2011). How student-teachers observe teaching on video: effects of viewers' teaching subjects and the subject of the video. *Teaching and Teacher Education*, 27(7), 1131-1140.
- Borko, H., Liston, D., & Whitcomb, J. A. (2006). A conversation of many voices: critiques and visions of teacher education. *Journal of Teacher Education*, 57, 1-6.
- Brockbank, A., & McGill, I. (2007). Facilitating reflective learning in higher education. *Computing in Teacher Education*, 23(1), 31-39.
- Bullough, R., & Gitlin, A. (2001). *Becoming a student of teaching. Linking knowledge production and practice*. New York: Routledge Falmer.
- Cannings, T., Talley, S., Redmond, P., & Georgi, D. (2002). Online video case studies: What have we learned about their value in preservice education? In D. Willis, J. Price & N. Davis (Eds), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2002* (pp. 2537-2538). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Clot, Y., & Faïta, D. (2000). Genres et styles en analyse du travail. Concepts et Méthodes. *Travailler*, 4, 7-42.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2000). Entretiens en auto-confrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Pistes*, 2, 1-7.
- Cunliffe, A. L. (2009). Reflexivity, learning and reflexive practice. In S. Armstrong & C. Fukami (Eds), *The SAGE Handbook in Management Learning, Education and Development* (pp. 405-418). London: Sage Publications.
- Doudin, P.-A., & Curchod-Ruedi D. (2008). Burnout de l'enseignant : facteurs de risque et facteurs de protection. *Prismes*, 9, 5-8.
- Durand, M. (2014). La plateforme Néopass@ction : produit et témoin d'une approche d'anthropotechnologie éducative. *Recherche et Formation*, 75, 11-22.
- Falkenberg, T., Goodnough, K., & MacDonald, R. J. (2014). Views on and practices of integrating theory and practice in teacher education programs in Atlantic Canada. *Alberta Journal of Educational Research*, 60(2), 339-360.
- Flores, M. A., & Day, C. (2006). Context which shape and reshape new teachers' identities: A multiperspective study. *Teaching and Teacher Education*, 22, 219-232.
- Gendron, B. (2011). Santé et capital émotionnel du personnel enseignant. In P.-A. Doudin, D. Curchod, L. Lafortune & N. Lafranchise (a cura di), *La santé psychosociale à l'école. Tome I. La santé des enseignants* (pp. 159-176). Québec: Presses de l'Université du Québec.

- Goodson, I. F., & Cole, A. L. (1994). Exploring the teacher's professional knowledge: Constructing identity and community. *Teacher Education Quarterly*, 21(1), 85-105.
- Gaudin, C., & Chaliès, S. (2012). L'utilisation de la vidéo dans la formation professionnelle des enseignants novices. *Revue Française de Pédagogie*, 178, 115-130.
- Jacobs, J., Kawanaka, T., & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. *International Journal of Educational Research*, 31, 717-724.
- Jacobs, J., & Morita, E. (2002). Japanese and American teachers' evaluations of videotaped mathematics lessons. *Journal for Research in Mathematics Education*, 33(3), 154-175.
- Koc, M. (2011). Let's make a movie: investigating student-teachers' reflections on using video-recorded role playing cases in Turkey. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 95-106.
- Korthagen, F., & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: core reflection as a means to enhance professional development. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11(1), 47-71.
- Lambert P. (2003). Promoting developmental, transfer in vocational teacher education. In T. Tuomi-Gröhn, & Y. Engeström (Eds), *Between school and work: new perspectives on transfer and boundary-crossing* (pp. 233-254). Amsterdam: Pergamon.
- Leblanc, S., & Ria, L. (2014). Designing the Néopass@ction platform based on modeling beginning teachers' activity. *Design and Technology Education: an International Journal*, 19(2), 40-51.
- Mitton-Kukner, J., & Murray Orr, A. (2014). Making the invisible of learning visible: student-teachers identify connections between the use of literacy strategies and their content area assessment practices. *Alberta Journal of Educational Research*, 60(2), 403-419.
- Orland-Barak, L., & Hayuta, Y. (2007). When theory meets practice: What student-teachers learn from guided reflection on their own classroom discourse. *Teaching and Teacher Education* 23, 957-969.
- Prabjandee, D. (2014). Journey to Becoming a Thai English Teacher: New Perspective on Investigating Teacher Attrition. *Alberta Journal of Educational Research*, 60(3), 522-537.
- Putnam, R. T., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4-15.
- Rich, P. J., & Hannafin, M. J. (2008). Decisions and reasons: examining student-teacher decision-making through video self-analysis. *Journal of Computing in Higher Education*, 20(1), 62-94.
- Rosaen, C. L., Lundeberg, M., Cooper, M., Fritzen, A., & Marjorie, T. (2008). Noticing noticing: how does investigation of video records change how teachers reflect on their experiences? *Journal of Teacher Education*, 59(4), 347-360.
- Santagata, R. (2014). Towards ambitious teaching: using video to support future teachers reasoning about evidence of student learning. *Recherche et Formation*, 75, 95-110.
- Santagata, R., & Angelici, G. (2010). Studying the impact of the lesson analysis framework on preservice teachers' abilities to reflect on videos of classroom teaching. *Journal of Teacher Education*, 61(4), 339-349.
- Santagata, R., Zannoni, C., & Stigler, J. W. (2007). The role of lesson analysis in student-teacher education: an empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(2), 123-140.

- Saussez, F. (2014). Néopass@ction, un instrument pour questionner des enjeux de l'utilisation de l'analyse de l'activité en formation à l'enseignement ? *Recherche et Formation*, 75, 11-22.
- Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34 (2013), 56-65.
- Schön, D. (1991). *The Reflective turn: case studies in and on educational practice*. New York: Teachers College (Columbia).
- Star, J. R., & Strickland, S. K. (2008). Learning to observe: using video to improve pre-service mathematics teachers' ability to notice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 107-125.
- Stokking, K., Leenders, F., de Jong, J., & Van Tartwijk, J. (2003). From student to teacher: reducing practice shock and early dropout in teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 26(3), 329-350.
- van Es, E. A. (2009). Participants' roles in the context of a video club. *Journal of the Learning Sciences*, 18(1), 100-137.
- Vloet, K. (2009). Career learning and teachers' professional identity: narratives in dialogue. In M. Kuijpers & F. Meijers (Eds), *Career learning. Research and practice in education* (pp. 69-84). Hertogenbosch, The Netherlands: Euroguidance.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press: New York.
- Wentzel, B. (2010). Le praticien réflexif : entre recherche, formation et compétences professionnelles. In B. Wentzel & M. Mellouki (Éds.), *Recherche et formation à l'enseignement : spécificités et interdépendance, Actes de la recherche de la HEP-BEJUNE*, No 8 (pp. 15-35). Porrentruy : Éditions BEJUNE.

Histoire de la résonance et stabilité de systèmes résonants: des planètes à l'atome

ALI MOUHOUCHE¹, ABDELKRIM EL-HAJJAMI²

¹Laboratoire de Didactique des Sciences
École Normale Supérieure de Kouba, Alger
Algérie
amouhouche@yahoo.fr

²Laboratoire de Didactique et des TIC
École Normale Supérieure de Fès
Maroc
alhajjami@yahoo.com

RÉSUMÉ

De la préhistoire jusqu'aux temps modernes, nous retraçons dans cet article le long chemin historique de la résonance en physique des ondes en montrant comment d'un simple effet sonore découvert dans les grottes par l'homme préhistorique, elle est arrivée à des réalisations et utilisations dans presque toutes les branches de la physique (mécanique, électricité, optique, physique de la matière...). L'intérêt des anciens pour la résonance a mené à de grandes découvertes sur la stabilité des planètes en astronomie (Newton, Laplace...) puis, sur la cohésion de la matière en mécanique ondulatoire et en physique moderne (De Broglie, Schrödinger...). Ce travail sur l'histoire des sciences est aussi un apport à la culture scientifique, à l'épistémologie et la didactique. Il servirait également à la conception de curricula.

MOTS-CLÉS

Histoire, résonance, vibration, ondes, accord

ABSTRACT

From prehistory to modern times, we track in this article along historic path of the resonance wave physics, showing how a simple sound effect discovered in the caves by prehistoric man, she arrived to achievement and uses in almost all branches of physics (mechanics, electricity, optics, physics of matter...). The interest of the ancient for resonance led to major discoveries about the stability of the planets (Newton, Laplace...) and the cohesion of the mechanical wave and in modern physics (De Broglie, Schrödinger...). This work on the history of science is also a contribution to scientific culture, epistemology and didactics. It would also serve to design curricula.

KEYWORDS

History, resonance, vibration, waves, cord

INTRODUCTION

De la préhistoire jusqu'aux temps modernes, nous retraçons dans cet article le long chemin historique de la résonance en physique des ondes. Nous montrons comment, avec le concept de résonance comme fil conducteur, l'évolution des idées et des résultats a conduit à son utilisation dans presque toutes les branches de la physique (astronomie, acoustique, mécanique, optique, électricité, électromagnétisme, physique atomique, ...) jusqu'aux grands principes de la physique moderne. Un aspect important de cette investigation est l'influence des idées de Pythagore sur l'harmonie céleste, qui mena Laplace à travailler sur la résonance orbitale (des planètes), jusqu'à la résonance atomique et celle des particules avec comme point commun la stabilité de systèmes résonants.

Les éléments historiques et épistémologiques de cette recherche pourraient enrichir l'enseignement de la résonance et les curricula de physique.

DE LA PRÉHISTOIRE À L'ÉPOQUE ROMAINE

Le son et ses effets ont tout d'abord attiré l'attention de l'homme ancien utilisant seulement son ouïe. Des objets naturels et des instruments produisant, prolongeant ou amplifiant des sons datent de l'ère du Paléolithique. Grottes résonantes, cordes, peaux tendues, cornes, phalanges de renne sifflantes sont signalées comme existant depuis cent mille ans avant notre ère (Dauvois & Boutillon, 1994). Dauvois (1989) et Dauvois et Boutillon (1994) ont étudié les grottes et des échos produits du point de vue acoustique. Ils ont montré que les peintures rupestres sont situées dans les lieux bénéficiant de la meilleure résonance acoustique. Dans certaines grottes, la densité des images est proportionnelle à la qualité acoustique (résonance, échos) et il existe des marques anciennes presque à chaque point de forte résonance. Ils affirment que les hommes du paléolithique utilisaient les sons pour se guider dans les grottes, considérées par conséquent, jadis, comme instruments sonores.

Des indices attestant de l'existence d'instruments à corde avec caisse de résonance et manche datent d'environ 2500 ans avant J.-C. (Becker, 1982). Un instrument à vent, le lur (trompette danoise) a été retrouvé à l'époque de bronze (environ 2000-1100 av. J.-C.); la harpe est signalée entre 970 à 931 avant J.-C. Puis, chez les grecs et les romains, on trouve la lyre à caisse de résonance bombée, la cithare à caisse plate, l'aulos (sorte de chalumeau à anche).

De la découverte naturelle de la résonance, comme simple effet sonore, par l'homme préhistorique, aux exploitations technologiques des temps modernes, bien des péripéties ont jalonné l'histoire de ce phénomène.

CHEZ LES GRECS : PYTHAGORE, PLATON, HARMONIE CÉLESTE ET MARÉES

Pythagore, au V^e siècle av. J.-C., puis Aristoxène au IV^e siècle av. J.-C., observant une corde vibrante en modifiant sa longueur, caractérisèrent les sons musicaux par des rapports mathématiques. Pythagore en a déduit les intervalles musicaux et proposé sa gamme musicale utilisée jusqu'au XVI^e siècle. Voyant dans les nombres entiers le principe fondamental de l'Univers, il basa dessus sa cosmologie, et définit *l'harmonie céleste*, par analogie à l'harmonie rendue par les cordes de la lyre, comme une sorte de concert musical des astres en rotation

(Lindemann & Maeder, 2000). Les lois de l'harmonie sont donc aussi les lois de l'univers entier (Charon, 1980). Cette idée marqua les démarches cosmologiques ultérieures pendant plus de vingt siècles.

Le phénomène de résonance multiple était connu chez Aristote (384-322 av. J.-C.) qui se demandait par « *quelle raison les sons graves en renferment de plus aigus* » (Antoine, 1849, p. 192). On retrouve aussi, chez lui, le commentaire : « *Sont consonants deux sons tels que si l'on produit l'un sur un instrument à cordes, l'autre aussi résonne¹, en vertu d'une certaine affinité et sympathie²* ».

D'un autre côté, le philosophe grec Platon (~428~348 av. J.-C.) prédit que les marées sont dues aux oscillations périodiques au sein de la Terre.

À PARTIR DU 16ÈME SIÈCLE

La résonance des bassins océaniques

Un long chemin mène les savants à travers l'histoire à lier le phénomène des marées, puis le mouvement des planètes, à la résonance (Lefebvre, 2000). La fin du XVIe et le début du XVIIe siècle voient un véritable commencement à l'explication de l'origine des marées avec Kepler (1571-1630) puis Descartes (1596-1659) qui l'imputaient à une force de la Lune. Le mathématicien anglais Wallis (1642-1727), ensuite, se basant sur la théorie de Galilée, explique les oscillations de la marée par le mouvement de la Terre autour du centre de gravité du système Terre-Lune.

Newton (1642-1727) propose en 1687 sa théorie de la gravitation et énonce que la Lune par sa proximité, et le Soleil par sa masse, sont les deux seuls astres perturbateurs engendrant les marées. Le mathématicien français Laplace (1749-1827) avance en 1775 dans sa théorie dynamique que la réponse des océans à l'excitation de la force génératrice prend la forme d'ondes qui se propagent sur toute la surface maritime.

Aux Etats-Unis, Harris (1863-1918) lie en 1897 la formation des marées à la résonance et introduit en compagnie de l'astronome anglais Hough (1870-1923) le phénomène de résonance des bassins océaniques. Hough détermine, suite à la théorie de Laplace, la nature et la période des oscillations libres des océans. Dans ce phénomène l'apport d'énergie est dissipé par les frottements des masses d'eau sur le fond des océans.

Résonance orbitale, résonance de Laplace et stabilité des orbites

On sait que Newton (1643-1727) a essayé de donner des explications à la permanence du système planétaire. Depuis la publication de ses lois, le problème de stabilité des orbites a préoccupé les mathématiciens, y compris Laplace. Dans son étude de la mécanique céleste il introduit la *résonance orbitale* dans le domaine de l'astronomie et explique cette stabilité en mettant en évidence les phénomènes de résonance dans le système solaire (Merleau-Ponty, 1983). Une résonance orbitale, ou résonance gravitationnelle, a lieu « *lorsque deux objets orbitant autour d'un troisième ont des périodes de révolution dont le rapport est une fraction entière simple* »³ (Seguin

¹ Ce verbe signifie clairement ici : émet un son. C'est le sens premier du verbe *résonner* dans l'histoire.

² *Affinité* et *sympathie* expriment déjà un lien entre exciteur et excité donc l'idée d'*accord* ou d'*excitation* à la fréquence propre.

³ Ainsi on dira que Pluton et Neptune sont en résonance 3 :2 pour exprimer que leurs périodes de rotation sont dans ce rapport.

& Villeneuve, 2002, p. 469). Cette condition rappelle l'harmonie des sons émis par les cordes et a donc des racines pythagoricienne. La résonance est ainsi entrée dans le domaine astronomique durant le premier quart du XIXe siècle. Notons que lorsque plusieurs objets ont des périodes orbitales dans un rapport avec des entiers simples, on parle de résonance de Laplace⁴.

Cordes vibrantes et tuyaux sonores

C'est au XVIIe siècle que des savants ont recommencé à s'intéresser à la consonance des sons produits par les cordes (Charrak, 2001). Une corde étant frappée, des harmoniques naissent dans des cordes voisines non frappées elles-mêmes. Plusieurs savants refont des expériences parfois similaires. Galilée (1564-1642), dans les *Discorsi*, étudie les cordes vibrantes et présente l'expérience de l'influence d'une corde sur une autre (Bailhache, 1993). Il lie la consonance d'un couple de notes aux percussions simultanées commensurables en nombre sur le tympan. Descartes (1596-1650), lui, explique dans son *Compendium Musicae*, écrit en 1618 et qui a eu une grande importance dans l'histoire de la théorie musicale, la mise en vibration de cordes, ayant des sons harmoniques, par la fondamentale. Il écrit: "(...) *de deux termes qu'on suppose être en consonance le plus grave est de beaucoup le plus puissant et contient l'autre en quelque façon. On le voit sur les cordes d'un luth: si l'une d'elles est touchée, celles qui sont plus aiguës d'une octave ou d'une quinte tremblent et résonnent spontanément*" (In Charrak, 2001, p. 26). On remarque que le verbe résonner, ici, complète et explique le verbe trembler. Donc il prend le sens de produire un son, retentir, *re-sonner*, c'est ce que désignait la résonance à ce moment.

Cette communication du mouvement par l'air et les supports de la corde, ou, comme on le disait alors, cette communication des sons *par sympathie*, connue depuis presque deux millénaires a fait l'objet d'analyse expérimentale avec soin par Mersenne (1588 - 1648) qui avait trouvé que les sons les plus aptes à exciter les vibrations d'une corde forment les divers harmoniques du ton fondamental. Il travailla sur les cordes, les cloches et les tuyaux sonores. En 1673 Noble et Pigot font l'expérience de résonances multiples par ondes stationnaires (Antoine, 1849).

Sauveur (1653-1716), en 1700, travailla aussi sur la résonance du corps sonore. En 1753, Daniel Bernoulli s'efforça de faire le lien avec les lois des cordes vibrantes proposées par D'Alembert et Euler à partir de 1747. Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les mathématiciens de l'époque contribuèrent à l'élaboration d'une physique de la vibration en travaillant sur les phénomènes décrits par Sauveur (Charrak, 2001). Jusqu'à la fin du XVIIe siècle, la résonance (par sympathie) désigne l'excitation, par une corde sonore, de cordes non frappées. La résonance du corps sonore désigne quand à elle, dans les textes du XVIIIe siècle, l'émission de consonances naturelles, série de sons plus faibles et plus aigus (les harmoniques), par la corde entière (le fondamental). Les écrits de cette époque montrent que la science acoustique intégrait aussi bien l'étude du son et de sa propagation que l'étude de la musique, des gammes musicales et des lois de consonance (l'harmonie). C'est cette dernière étude qui constitue la liaison entre les deux théories : la physique et la musique.

Du résonateur de Helmholtz aux ondes radio

Vers le milieu du XIXe siècle la résonance entre dans l'explication d'événements tels que la chute du pont suspendu d'Angers (1850) sous l'effet d'une tempête et des pas cadencés d'un bataillon de soldats qui passaient dessus.

⁴ C'est le cas, par exemple, des lunes de Jupiter : Ganymède, Europe et Io, qui sont dans une résonance 1:2:4.

Helmholtz (1821-1894), physiologiste et physicien, élucide vers 1860 l'audition par résonance de l'oreille et fait ainsi progresser la compréhension de la perception du son musical (Giancoli, 2004). Ce succès le pousse à fabriquer ensuite un dispositif portant son nom, le résonateur d'Helmholtz, permettant de décomposer un son complexe en ses harmoniques. L'analyseur est constitué de plusieurs sphères de différentes dimensions à deux ouvertures. L'existence de fréquence particulière, dans le son émis devant l'une des ouvertures d'une sphère, la fait résonner (ce verbe avait à ce moment encore le sens d'émettre un son).

C'est en cette époque que les notions d'excitateur, de résonateur et de fréquence propre apparaissent dans les explications des phénomènes vibratoires. Mais, jusqu'en 1877, Helmholtz n'utilisait pas encore le terme résonance pour désigner le phénomène. Il utilisait l'expression phénomène de communication des vibrations en parlant des cordes d'un piano (Helmholtz, 1877, p. 181). Il explique la mise en résonance du résonateur par l'apport d'énergie à chaque oscillation comme dans la mise en oscillation d'une cloche d'un poids énorme par un enfant. Il note: "*ce qui se passe ... dans notre oreille ressemble peut-être beaucoup à ce que nous venons de voir dans le piano*" (Helmholtz, 1877, p. 184)

Puis viennent les travaux de Hertz (1857-1894) et de Tesla (1856-1943). Hertz, élève de Helmholtz, crée en 1887 un résonateur d'ondes électromagnétiques faisant passer l'énergie d'un circuit à un autre sans l'aide d'un fil conducteur. Le premier à réaliser des oscillations aussi rapides avec son excitateur (Chappuis & Lamotte, 1911) et un résonateur (modèles primitifs d'un émetteur et d'un récepteur radio actuels) il vérifie la théorie de Maxwell et mesure notamment la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques. C'est à partir de ces expériences que la lumière est identifiée comme une onde électromagnétique d'une certaine gamme de fréquence (Alonso et Finn, 1986). Tesla applique la résonance, qui l'intéressa beaucoup, au courant alternatif et à divers objets mécaniques (oscillations diverses, radio, téléguidage...).

LE 20ÈME SIÈCLE : RÉSONANCE, MATIÈRE ET SPECTROSCOPIE

Au début du XXe siècle, les lois de la physique quantique et de la mécanique relativiste ont marqué une véritable rupture dans la manière d'appréhender le monde physique. La résonance s'est introduite dans la matière et dans ses interactions avec les ondes électromagnétiques. La profonde analogie entre les particules de matière (atomes, molécules, noyaux, ...) et les oscillateurs fut démontrée, donnant à la résonance de larges applications en rapport avec les éléments microscopiques.

Le spectre de raies d'un gaz (vapeur de sodium par exemple) éclairé par de la lumière, témoigne d'une énergie soustraite du faisceau de lumière, par absorption résonante à certaines fréquences.

En physique nucléaire, l'analogie entre le noyau et les oscillateurs permet la détermination de structures nucléaires. Le spectre du rayonnement gamma d'un noyau bombardé par des protons d'énergie variable témoigne par ses pics d'une absorption résonante. Ces phénomènes s'expliquent en associant une onde aux particules (Dion, 1974). Cette idée de dualité onde-particule est émise par Louis De Broglie (1872-1987) en 1923. Elle confère des propriétés ondulatoires aux particules. Ce savant assimile l'orbite électronique dans l'atome à une onde stationnaire circulaire fermée sur elle-même tel un mode résonant d'une corde vibrante. Ce qui assure la stabilité. Cette condition donne les orbites et les niveaux d'énergie discrets quantifiés de l'atome. La dualité onde-particule et la résonance sont à la base de la structure de l'atome (Giancoli, 2004).

Heisenberg utilise le mot résonance pour la première fois en mécanique quantique en 1926 dans ses travaux sur les systèmes d'oscillateurs couplés (Encyclopedia Universalis, 1974). Pauling, dans ses recherches sur la nature de la liaison chimique, vers 1930, introduit la résonance en chimie. Une molécule résonne entre diverses formes limites (cas du benzène par exemple) qui ont le rôle d'oscillateurs indépendants primitifs. L'espèce chimique unique s'appelle mésomère. Ce phénomène participe à la stabilisation de la molécule.

Dans l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la matière le phénomène de résonance est prépondérant. Sous l'effet de la force électrique agissant sur l'électron celui-ci se comporte comme un dipôle électrique effectuant des oscillations forcées et absorbe de l'énergie par résonance quand la fréquence ω de l'onde est égale à sa fréquence propre. Un traitement quantique plus détaillé révèle que cette fréquence est l'une quelconque des fréquences $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$, du spectre d'émission de l'atome (ou de la molécule) auquel l'électron est lié (Alonso & Finn, 1986). Les atomes libres se comportent comme des oscillateurs ayant plusieurs fréquences de résonance et des facteurs de qualité excessivement élevés (Dion, 1974).

Parmi les applications des interactions ondes-matière résonantes nous pouvons citer: la résonance des plasmons de surface, les micro-ondes et certaines techniques d'instrumentation.

STABILITÉ ET COHÉSION DE SYSTÈMES RÉSONANTS

La doctrine de l'harmonie de Kepler inspirée elle-même de l'harmonie céleste de Pythagore conférant la cohésion à la matière se répercuta sur l'élaboration de la mécanique ondulatoire de De Broglie et Schrödinger au milieu des années 1920. Parmi les prédécesseurs de Schrödinger, Kepler est le seul à avoir pressenti que l'harmonie - la résonance - confère à la matière sa cohésion. On peut en effet considérer que le résultat le plus important de la mécanique ondulatoire de Schrödinger est d'avoir permis d'établir que ce sont des conditions de résonance qui procurent la cohésion aux atomes et aux molécules (Klein, 2004). Ces préoccupations ne sont pas pour autant délaissées actuellement par la littérature et par la recherche scientifique. Murray et Dermott (1999), et plus récemment Sidorenko (2006), entre autres, reviennent sur *les résonances gravitationnelles dans le système solaire*. Ils expliquent la stabilité d'astéroïdes de Jupiter, et le mécanisme de maintien de leur régularité par le phénomène de résonance qui assure la grande pérennité de leur mouvement, mais aussi celui d'autres satellites en résonance gravitationnelle.

La stabilité et la cohésion en situation de résonance apparaît comme une caractéristique importante : nous la retrouvons dans la résonance orbitale en astronomie (Laplace), dans les modes résonants de l'électron dans un atome (De Broglie), dans les atomes et les molécules (Schrödinger) et dans les mésomères (Pauling) en chimie. Prigogine (1996), prix Nobel de chimie, écrit "*Il est difficile de citer un problème important en physique quantique où les résonances ne joueraient pas un rôle*" (p. 17).

Ces conclusions, auxquelles aboutit le présent travail, nous confortent dans les propositions d'ordre didactique de la section suivante.

REGARD DIDACTIQUE

Dans une étude sur la transposition didactique dans cinq manuels de physique du premier cycle universitaire (trois manuels français et deux manuels algériens), Mouhouche, El-Hajjami et

Himrane (2012) ont observé que la résonance est très souvent introduite comme cas particulier de couplage forcé en courant alternatif et dans les vibrations mécaniques. La notion de stabilité de systèmes résonants ainsi que l'existence d'une résonance orbitale ne figurent pas dans les cours. On ne trouve pas également d'activités d'apprentissage de la résonance portant sur la dimension microscopique. L'introduction d'éléments historiques et la description de régularités, dues à la résonance, existant dans les diverses dimensions de la nature, nous semblent être d'un apport scientifique et épistémologique important dans les programmes d'enseignement de la physique à l'université. La résonance serait confortée dans son statut de concept explicatif d'une classe de situations relatives à une réalité physique plus vaste et plus variée. Parallèlement la culture scientifique en serait promue. C'est ainsi que l'on peut augmenter la chance, pour les étudiants, d'accéder à de futures carrières scientifiques. Raynal et Rieunier, (1997) expriment cette préoccupation en affirmant que la didactique des disciplines devrait prendre des précautions "pour que le savoir appris n'obère pas la possibilité de passer ultérieurement au savoir savant" (p. 110).

L'ajout que nous proposons dans le cursus de formation en physique est une prescription pour laquelle il faudra ensuite convaincre la noosphère pour son admission dans le programme d'enseignement effectif. Un travail didactique sur la place et l'importance, par rapport au programme existant actuellement, à donner aux notions à introduire, sur le niveau de formulation du concept de résonance et sur la conception de situations d'apprentissage adéquates devrait être préalablement réalisé pour tenir compte de cette proposition. Cela fera l'objet de nos futurs travaux.

RÉFÉRENCES

- Alonso, M., & Finn, E. J. (1986). *Physique générale, Tome 1 et 2*. Paris: Inter Éditions.
- Antoine, M. J. (1849). *Résonance multiple et phénomènes optiques produits par les corps vibrants*. Annales de chimie et de physique, Troisième série, tome vingt-septième. Paris: Victor Masson Retrieved from <http://books.google.dz/books?id=Eg8AAAAAMAAJ&hl=fr>.
- Bailhache, P. (1993). Cordes vibrantes et consonances chez Beeckman, Mersenne et Galilée. *Sciences et Techniques en Perspective*, 23, 73-91.
- Becker, L. (1982). *La Viole de gambe*. Paris: Dessain & Tolra.
- Chappuis, J., & Lamotte, M. (1911). *Leçons de physique générale (tome IV)*. Paris: Gauthier-Villars.
- Charon, J. E. (1980). *Vingt-cinq siècles de cosmologie*. Paris: Stock.
- Charrak, A. (2001). *Raison et perception. Fonder l'harmonie au XVIIIe siècle*. Paris: Vrin.
- Dauvois, M. (1989). Son et musique paléolithiques. *Les Dossiers d'Archéologie*, 142, 2-11.
- Dauvois, M., & Boutillon, X. (1994). Caractérisation acoustique des grottes ornées paléolithiques et de leurs lithophones naturels. In C. Homo-Lechner et al. (Edit.), *IVe Rencontres internationales d'archéologie musicale de l'ICTM*, (pp. 209-251). Paris: La maison des sciences de l'homme.
- Dion, J.-L. (1974). *Ondes et Vibrations*. Montréal: Centre Educatif et Culturel.
- Encyclopedia Universalis (1974). *Volume 14*. France : S.A..

- Giancoli, D. C. (2004). *Physique générale 3 (Ondes, optique et physique moderne)*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Helmholtz, H. (1877). *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*. Paris: G. Baillièrè. Retrieved from <http://gallica2.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k357717.r=Probl%C3%A8me+musicaux+d%27Aristote.langFR#>.
- Klein, E. (2004). La physique et l'idée d'harmonie. In *Actes de l'École d'été « Physique et Art »*, Lille (pp. 1-16). Retrieved from <http://e2phy.in2p3.fr/2004/actes/Klein.pdf>.
- Lefebvre, F. (2000). *Modélisation des marées océaniques à l'échelle globale: assimilation de données in situ et altimétriques*. Thèse de Doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, France.
- Lindemann, E., & Maeder, A. (2000). *Mécanique, une introduction par l'histoire de l'astronomie*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Merleau-Ponty, J. (1983). *La science de l'univers à l'âge du positivisme, étude sur les origines de la cosmologie contemporaine*. Paris: Vrin.
- Mouhouche, A., El-Hajjami, A., & Himrane, F. (2012). Enseignement de la résonance et obstacles didactiques. *Skholè*, 17, 65-70.
- Murray, C. D., & Dermott, S. F. (1999). *Solar System Dynamics*. Cambridge: University Press.
- Prigogine, I. (1996). La quête de la certitude. In M. Weyembergh & G. Hottois (Edit.), *Temps cosmique, histoire humaine* (pp. 9-21). Paris: Vrin.
- Raynal, F., & Rieunier, A. (1997). *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés*. Paris: ESF.
- Seguin, M., & Villeneuve, B. (2002). *Astronomie et Astrophysique: cinq grandes idées pour explorer et comprendre l'univers*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Sidorenko, V. V. (2006). Evolution of Asteroid Orbits at the 3:1 Their Mean Motion Resonance with Jupiter (Planar Problem). *Cosmic Research*, 44(5), 440-455.

Idées des élèves sur le hasard lors de discussions à visée philosophique

**MAGALI COUPAUD, ALICE DELSERIEYS, CORINNE JÉGOU, MARIE AGOSTINI,
PASCALE BRANDT-POMARES**

*Aix-Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671
13248 Marseille*

France

magalicoupaud@icloud.com

alice.delsérieys@univ-amu.fr

corinne.jegou@univ-amu.fr

marie.agostini@univ-amu.fr

pascale.brandt-pomares@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

La théorie de l'évolution du vivant est un concept majeur pour les sciences biologiques contemporaines. C'est aussi un objet d'enseignement complexe de par la nature même des savoirs en jeu et les conceptions que peuvent avoir les élèves. Certains collégiens excluent même l'idée de hasard ce qui pourrait constituer un obstacle à une pensée évolutionniste. Dans cet article, nous étudions la capacité d'élèves de 10 à 12 ans à parler d'un sujet complexe, le hasard. Nous introduisons un recueil de données qualitatif visant à identifier les idées de 2 groupes d'élèves sur le hasard (CM₂ et 5^{ème}), et leur évolution au cours d'une discussion collective à visée philosophique (DVP). L'étude montre que la DVP permet de recueillir un grand nombre d'idées des élèves. Les élèves proposent des sens au mot hasard. Cependant, la majorité ne semble pas envisager l'idée de contingence, indispensable à la compréhension des mécanismes évolutionnistes. Cette recherche appelle à explorer la corrélation entre les conceptions des élèves sur l'évolution et leur appréhension du hasard.

MOTS-CLÉS

Évolution du vivant, hasard, conceptions, discussion à visée philosophique

ABSTRACT

The biological theory of evolution is fundamental knowledge for understanding modern biology. It is also a complex object of teaching regarding the nature of the knowledge at stake and pupils' conceptions. Some pupils exclude the idea of randomness. This could constitute an obstacle toward an evolutionary thought. In this paper, we studied 10 to 12 years old pupils' capacity to speak about a complex subject, randomness. We introduced a qualitative data collection to identify the ideas of 2 groups of pupil on the randomness (K5 and K7), and their evolution during a collective discussion with philosophic aim. The study shows that the DVP allows to collect a large number of ideas of the pupils. The pupils propose different meanings of the randomness. However, the majority doesn't seem to take into account the idea of contingency, and yet an

essential idea to understand the mechanisms of evolution. This research wants to explore the correlation between pupils' conceptions of biological evolution and their ideas of randomness.

KEYWORDS

Biological evolution, randomness, pupils' conceptions, discussion with philosophic aim

INTRODUCTION

L'enseignement de l'évolution des espèces de l'école primaire à l'université est au cœur de nombreuses études à travers le monde (Coquidé, 2009; Varela, Dos Santos, Ferreira & Bussab, 2013). Cet intérêt s'explique par son importance fondamentale dans la biologie moderne. C'est également un sujet qui fait l'objet de controverses lorsque les croyances interviennent. Dans certains cas, les élèves influencés par des facteurs culturels, socioculturels ou religieux peuvent faire obstacle à l'apprentissage de l'évolution du vivant (Hanley, Bennet & Ratcliffe, 2014; Yasri & Mancy, 2014). La difficulté pour les élèves à accepter les idées évolutionnistes a été montrée. Elle est soit directement liée à la difficulté conceptuelle intrinsèque à la théorie de l'évolution, soit liée à des idées non scientifiques en lien avec les croyances évoquées précédemment (Arouam, Coquidé & Abbes, 2013). Dans cet article, nous nous intéressons au premier type de difficultés relatif, en particulier, à la dynamique du modèle évolutif et aux mécanismes liés, comme les concepts de hasard, de contingence et de sélection naturelle (Smith, 2010; Van Dijk & Reydon, 2010). De nos jours, la sélection naturelle énoncée dans les travaux de Darwin fait consensus au sein de la communauté scientifique et la théorie synthétique de l'évolution s'appuie essentiellement sur le fait que les mutations génétiques sont aléatoires. D'un point de vue philosophique, Merlin (2013) situe la controverse scientifique actuelle au niveau du hasard. Le hasard est une notion complexe. Il prend différents sens selon le mécanisme biologique auquel il est associé. Les mutations génétiques sont le fruit du hasard « évolutionnaire » si l'on considère qu'elles se produisent de manière aléatoire sans être dirigées (Ibid., 2013). Les variations génétiques arrivent par hasard et non pour permettre l'adaptation de l'individu. La sélection naturelle des espèces renvoie à la contingence, c'est à dire à la rencontre de deux séries causales indépendantes : une série liée aux variations génétiques et une autre aux changements possibles d'environnement. Dans le cadre de ce travail, nous nous intéresserons, en particulier, à la capacité d'élèves de 10 à 12 ans à parler du hasard et à le lier à l'évolution du vivant. En effet, une des conceptions identifiées chez une majorité d'élèves de 3^{ème} (Coupaud, Delsérieys, Jégou & Brandt-Pomares, 2015) exclut totalement l'idée même de hasard et pourrait constituer ainsi un obstacle à l'acquisition d'une pensée évolutionniste. Dans le but de faire parler les élèves sur un sujet complexe et polysémique, nous avons choisi de mener une discussion à visée philosophique (DVP).

Dans cet article, notre objectif est double. Il s'agit d'une part de montrer ce que la DVP peut être un moyen de recueil méthodologique efficace. D'autre part, l'étude doit permettre d'identifier les différents sens que des élèves donnent au hasard dans un contexte et s'inscrire dans un cadre plus large visant à mesurer, par le biais d'un questionnaire, la corrélation pouvant exister entre les conceptions de collégiens sur l'évolution du vivant et leurs idées sur le hasard.

LE HASARD

Dans la théorie de l'évolution, le hasard est un concept pluriel qui renvoie, à trois sous-concepts distincts mais complémentaires (Margolis & Laurence, 2011) et toutes indispensables pour expliquer les mécanismes de l'évolution du vivant (Gayon, 2005) :

- la chance, événement se produisant de manière inattendue par rapport à l'élément déclencheur. Cette idée se retrouve dans les mécanismes de mutation et d'exaptation ;
- l'événement aléatoire qui renvoie aux lois de probabilité avec les notions de dérive génétique et de reproduction ;
- la contingence en contexte explicatif qui donne une dimension historique à l'évolution et impose de tenir compte des hasards passés et présents afin de comprendre la biodiversité actuelle.

Au-delà de la biologie, le hasard est utilisé dans le but d'expliquer ou de prévoir des phénomènes. Il associe à la fois des modèles mathématique, physique et philosophique (Jedrzejewski, 2009). Même si le hasard est né avec Aristote, son usage ne fait encore pas consensus dans la communauté scientifique aujourd'hui. Merlin (2013) reprend les différentes utilisations de ce mot au cours de l'histoire de la construction de cette notion. Communément, le hasard n'existe pas. Depuis Laplace, il est subjectif et rend compte d'une ignorance humaine. Des scientifiques, comme de Broglie et Spinoza se sont ralliés à cette vision déterministe. Aristote insiste sur le fait que les événements hasardeux se produisent sans finalité. D'autres associent le hasard au destin, à l'œuvre d'un Dieu. Merlin (2013) rappelle que depuis Cournot, le hasard peut aussi être associé à la contingence, c'est à dire au point de rencontre entre deux séries d'événements indépendants. Rien ne se produit alors sans une cause qui peut être inconnue. Le hasard est alors vu de manière objective. Le hasard renvoie également à l'idée de risque, modélisé par les lois de probabilité depuis Bernoulli (Jedrzejewski, 2009). Enfin, les récentes découvertes de la physique quantique proposent un hasard « pur » avec une absence de cause et une non-prédictibilité des mouvements chaotiques. Dans ce contexte, Merlin (2013) définit le hasard « évolutionnaire » en tant qu'absence d'un dessein au sens d'Aristote et existence de contingence au sens de Cournot. Il permet d'expliquer l'équiprobabilité d'apparition de mutations favorables, défavorables ou neutres indépendamment de l'environnement dans lequel elles surviennent. La production des mutations ne dépend pas d'une causalité finale en vue d'une meilleure adaptabilité d'une espèce. Le hasard « évolutionnaire » est ainsi éloigné du vif débat en philosophie des sciences : hasard déterminisme ou non. La prise de position sur le déterminisme n'apporte pas un grand intérêt pour ce sujet biologique.

Du côté des élèves, peu d'études en didactique s'intéressent aux conceptions des élèves sur le hasard, pris dans sa globalité. Des études existent en didactique des mathématiques (Lahanier-Reuter, 1999; Coutanson, 2010). Elles sont focalisées sur le hasard du point de vue de l'aléatoire. Ces recherches, de l'école primaire à l'université, ont pour objectif d'appréhender l'enseignement des statistiques, et en sont ainsi restreintes (Séré, 1993; Briand, 2005; Coutanson, 2010; Baraké, 2011). Pourtant, Batanero, Arteaga, Serrano & Ruiz (2014) précisent que le hasard est une notion à prendre en compte au-delà de l'enseignement des statistiques. Elle serait importante également pour développer la pensée critique des élèves. Piaget & Inhelder (1951) avaient saisi cet intérêt en réalisant des expérimentations chez de jeunes enfants. Ils précisaient que l'appropriation de cette notion chez les enfants se déroule en 3 stades et que ce n'est que vers l'âge de 11/12 ans qu'ils sont capables de réellement synthétiser le hasard et de prendre en

compte toutes ses dimensions. Notre intérêt pour les conceptions des élèves à propos du hasard s'inscrit dans une référence épistémologique dans laquelle le hasard pourrait constituer un obstacle à l'appréhension de l'évolution du vivant (Santini, 2009).

RECUEIL DE DONNÉES

La discussion à visée philosophique (DVP)

La complexité, la nature abstraite du hasard et le manque d'études en didactique à ce sujet chez de jeunes élèves nous ont poussés à recueillir les idées des élèves sur le hasard. Le recueil est réalisé de manière qualitative pour permettre d'une part d'identifier la capacité d'élèves d'âges différents à parler de hasard, et de repérer les exemples utilisés par les élèves pour construire plus tard un outil de recueil de données à plus grande échelle. La DVP est structurée par des règles permettant à l'élève de coopérer avec l'adulte afin de réaliser ensemble une tâche. L'objectif de ces ateliers, comme le rappelle l'adulte à chaque début de séance, est que les élèves s'expriment librement, sans crainte, autour d'un sujet. L'enseignant, lui aussi, est amené à parler de ses doutes, déplaçant ainsi son rôle. Nous avons choisi ce recueil de données, pour plusieurs raisons. En premier lieu, le hasard est un terme complexe, polysémique, renvoyant aux croyances de chacun. La DVP permet la libre expression des élèves décrochée des disciplines explicitement enseignées à l'école primaire et au collège. Elle laisse une place importante à l'élève pouvant provoquer un désir de participer à l'échange (Barth, 2008). L'adulte permet à l'élève de focaliser l'attention conjointe afin d'élaborer le sens des mots et ainsi de commencer une conceptualisation du mot. L'autre raison à ce choix méthodologique vient de la volonté de repérer la présence, ou non, des différents sous-concepts de hasard et leur évolution au cours d'une discussion collective et pas seulement d'un point de vue individuel. D'après Agostini (2010), une DVP permet de révéler un éventail des représentations de chaque élève inscrit dans le groupe classe et de construire le noyau du sens commun à la classe. Ce dernier point situe le recueil de données de notre étude dans un contexte réel d'expression collective de savoir en classe. Néanmoins, il ne s'agit pas d'une situation de classe ordinaire dans la mesure où il y a intervention du chercheur. Ce mode de recueil de données nous place dans une perspective située, déterminée par les contingences de la DVP (Santini, 2009).

Mise en œuvre du recueil des données

Les DVP ont été menées par une didacticienne de la philosophie, experte dans ces pratiques. Deux ateliers ont été entièrement vidéoscopés : dans une classe de CM₂ (fin d'école primaire) habituée à des ateliers philosophiques hebdomadaires, et dans une classe de 5^{ème} (milieu de collège), hors temps disciplinaire. Les élèves de 5^{ème} ont été initiés à cette pratique au cours des semaines précédant le recueil de données sur le hasard. Les deux classes se trouvent dans des établissements situés en centre-ville d'une grande agglomération en France. L'école primaire et le collège accueillent une population mixte, les collégiens ayant des résultats aux évaluations nationales qui se situent dans la moyenne nationale. L'intérêt de réaliser ce travail est de percevoir comment le mot hasard fait sens pour ces élèves d'âge différent, et quels sens pourraient faire obstacle à l'enseignement-apprentissage de l'évolution du vivant. Les deux ateliers philosophiques à propos du hasard ont duré environ une heure avec l'ensemble des élèves de la classe (25 en CM₂ et 30 en 5^{ème}). Les élèves étaient disposés en cercle dans la classe. Dans la classe de CM₂, plus initiées à la pratique, un élève a été désigné par l'adulte pour distribuer les tours de parole en veillant à une participation de tous. Dans la classe de 5^{ème}, moins habituée à la

pratique, les élèves ont pris la parole successivement dans l'ordre du cercle. Dans les deux cas, l'adulte a commencé l'atelier avec la question « Pour toi, ça t'évoque quelque chose le hasard ? », puis est intervenu de temps en temps pour demander des précisions ou introduire ponctuellement de nouvelles idées.

RÉSULTATS

La grille d'analyse des résultats

Le travail de retranscription des deux séances d'ateliers philosophiques a deux objectifs :

- recueillir les idées d'élèves d'âges différents sur le hasard ;
- relever, pour chacun des sens possibles du hasard, des exemples proposés par les élèves.

Une grille d'analyse a été construite a priori à partir des définitions proposées par Gayon (2005). Cette grille identifie quatre sens pour le mot hasard :

- le hasard n'existe pas, il est le résultat de l'ignorance de l'Homme face aux objets trop complexes (codé absence),
- le hasard est la mesure des possibles, des événements aléatoires (codé aléatoire),
- le hasard est la cause d'une rencontre de deux séries d'événements aléatoires indépendantes (codé contingence),
- le hasard est notre destin, provoqué par une intervention divine. Il est source de chance et/ou malchance (codé destin).

Le temps semble également être un indicateur intéressant à relever. La DVP, comme le souligne Agostini (2010), permet de construire un sens commun à un groupe classe. La retranscription partielle doit permettre de mesurer la progression des idées de hasard dans le discours des élèves du groupe classe formé. Ainsi pour chaque prise de parole des élèves, nous choisissons une des quatre possibilités, prévues dans la grille d'analyse, énoncée dans le discours des élèves.

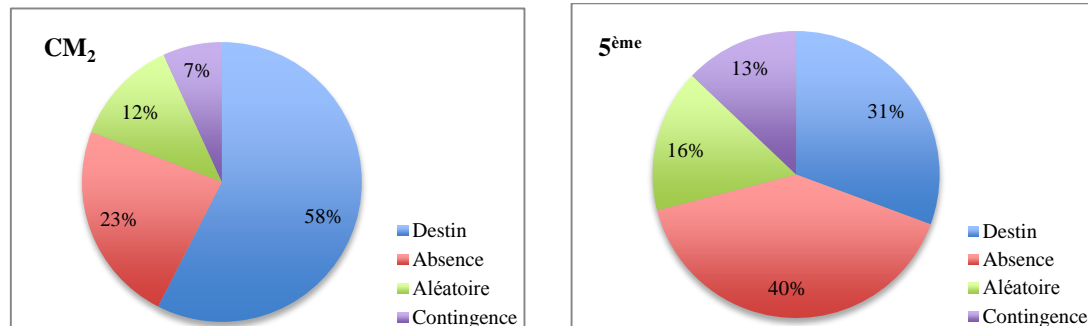
Résultats globaux

L'analyse des premiers résultats montre que le mot hasard n'est pas dépourvu de sens pour les élèves participants et que l'ensemble des sens de ce mot sont repris dans les échanges (figure 1). La figure 1 présente, pour chacune des classes, le pourcentage de chaque prise de parole d'élèves pour chacun des sens attribués au mot hasard, seulement si l'élève est en accord avec un de ces sens. Par exemple, lorsque en CM₂, un élève dit : « le hasard, c'est comme quand tu gagnes au jeu de dé. C'est de la chance. », nous comptons, pour cette prise de parole, 1 pour le sens « destin » (tableau 1). Le codage a été réalisé par un seul analyste.

En CM₂, de manière globale, plus de la moitié des prises de paroles au cours de la DVP concerne l'idée de destinée pouvant être due à de la chance et/ou de la malchance. Un quart des prises de paroles porte sur le hasard en tant qu'invention de l'Homme pour palier son ignorance face à la complexité du monde qui l'entoure, et de la non-existence du hasard. Le hasard est également perçu comme calculable par des lois de probabilité. Rares sont les élèves qui semblent percevoir l'idée de contingence. Dans la classe de 5^{ème}, près de la moitié des prises de paroles concerne le hasard comme une invention de l'Homme pour palier son ignorance face à la complexité du monde qui l'entoure. Un tiers de l'échange est associé au hasard causé par une

intervention divine et associé à l'idée de chance et/ou malchance. Une faible proportion de la discussion s'intéresse au hasard comme phénomène aléatoire ou de contingence.

FIGURE 1



Pourcentage des sens énoncés par les élèves pendant la DVP.

Le tableau 1 totalise le nombre maximal de fois où une idée a été reprise par d'autres élèves que le protagoniste, ainsi que le nombre d'exemples différents sur lesquels se sont appuyés les élèves. Cette analyse plus approfondie montre qu'en classe de CM₂, l'idée d'aléatoire qui représente 12% des prises de paroles arrive à chaque fois au cours de la discussion de manière isolée. Elle ne fait pas sens pour de nombreux élèves puisqu'ils ne s'en emparent pas. L'idée de contingence, avec un pourcentage plus faible, apparaît quant à elle à 3 reprises d'affilée. Elle se construit de manière plus collective, autour d'un exemple, celui de trouver par hasard un billet de 10 euros dans la rue. On observe le même phénomène en classe de 5^{ème}, avec 4 reprises d'affiliées mais avec 2 exemples différents (tableau 1).

TABLEAU 1

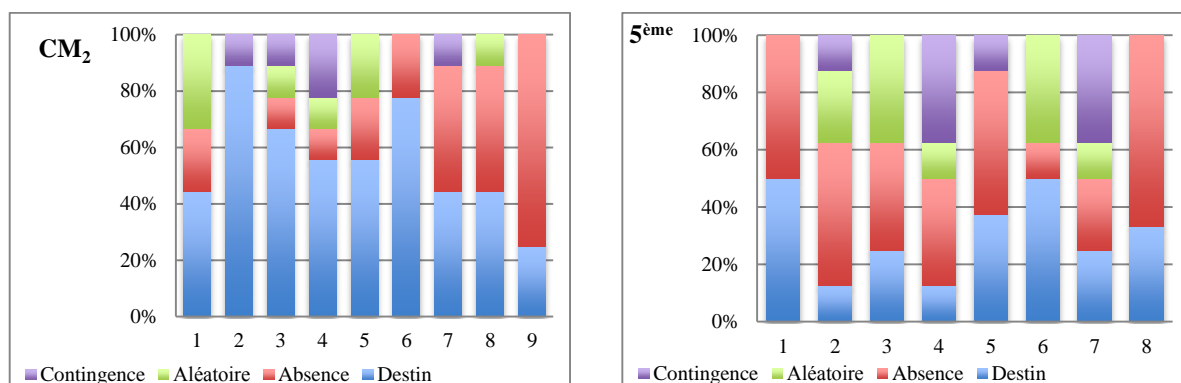
Nombre de prises de parole successives sur le même sens évoqué

	Exemples de formulations d'élèves	CM ₂		5 ^{ème}	
		Nombre de prises de parole pour le tour le plus long	Nombre de tour > 1	Nombre de prises de parole pour le tour le plus long	Nombre de tour > 1
Destin	« le hasard, c'est comme quand tu gagnes au jeu de dé. C'est de la chance. »	10	7	4	4
Absence	« pour moi le hasard, ça n'existe pas. »	8	2	9	3
Aléatoire	« gagner au loto par hasard, c'est une question de probabilité. »	0	0	2	5
Contingence	« on rencontre une personne dans la rue par hasard parce qu'on a décidé de prendre le même chemin en même temps. »	3	1	4	2

Résultats au cours du temps de la DVP

Afin de mesurer l'évolution dans le temps des différents sens du mot hasard évoqués au cours de la DVP par le groupe classe, nous avons choisi de créer des unités d'analyse équivalentes qui correspondent à la racine carré du nombre total de prise de parole dans une DVP (soit 9 unités d'analyses de 9 tours de parole chacune en CM₂ et 8 unités d'analyses de 8 tours de parole chacune en 5^{ème}). La figure 2 représente les fréquences relatives des différentes idées données par le groupe classe durant le déroulement de la DVP. Elle montre qu'au cours de l'échange, les 2 groupes classes modifient, affinent, enrichissent leur discours. On constate une hétérogénéité du discours. En effet, au début de l'échange, la majorité des prises de parole des élèves porte sur le sens de destin, quel que soit le niveau de classe et d'absence dans la discussion en 5^{ème}. Dans un second temps, alors que dans la classe de CM₂, l'idée de destin devient majoritaire pour définir le hasard, en classe de 5^{ème}, les idées de contingence et d'aléatoire apparaissent. En fin de discussion, l'idée que le hasard n'existe peut-être pas semble être une idée forte pour les élèves. Une différence existe : en CM₂, cette idée a été introduite par la philosophe qui menait la DVP alors que pour la classe de 5^{ème} cela n'a pas été le cas.

FIGURE 2

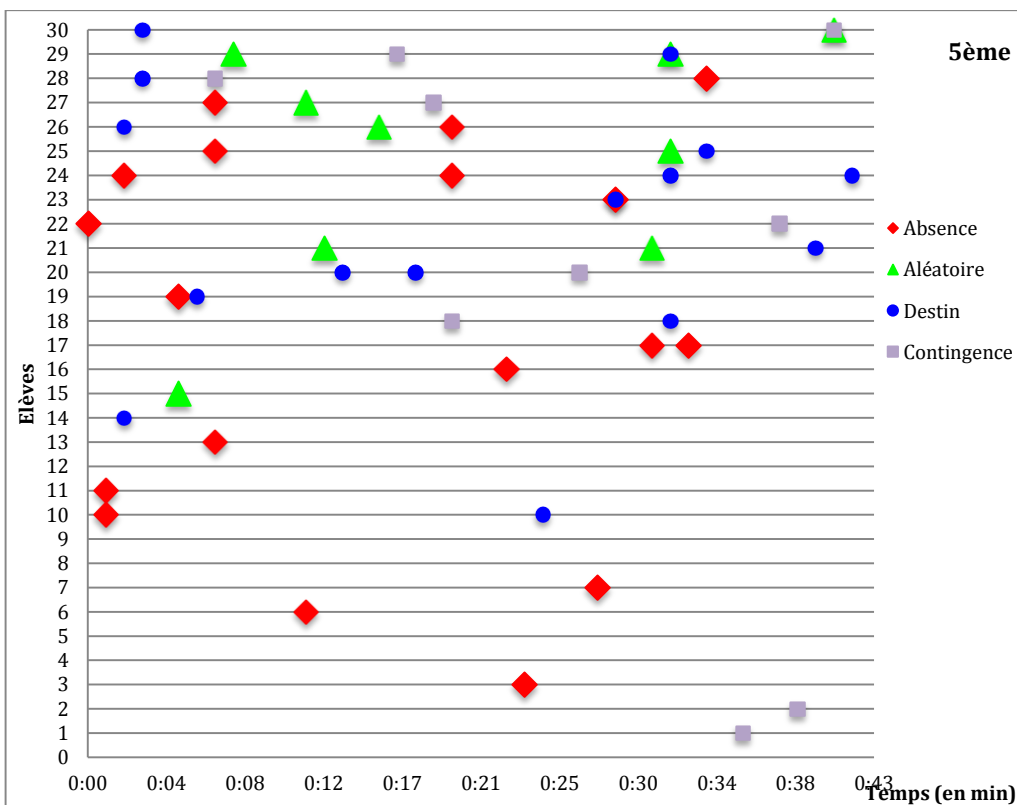
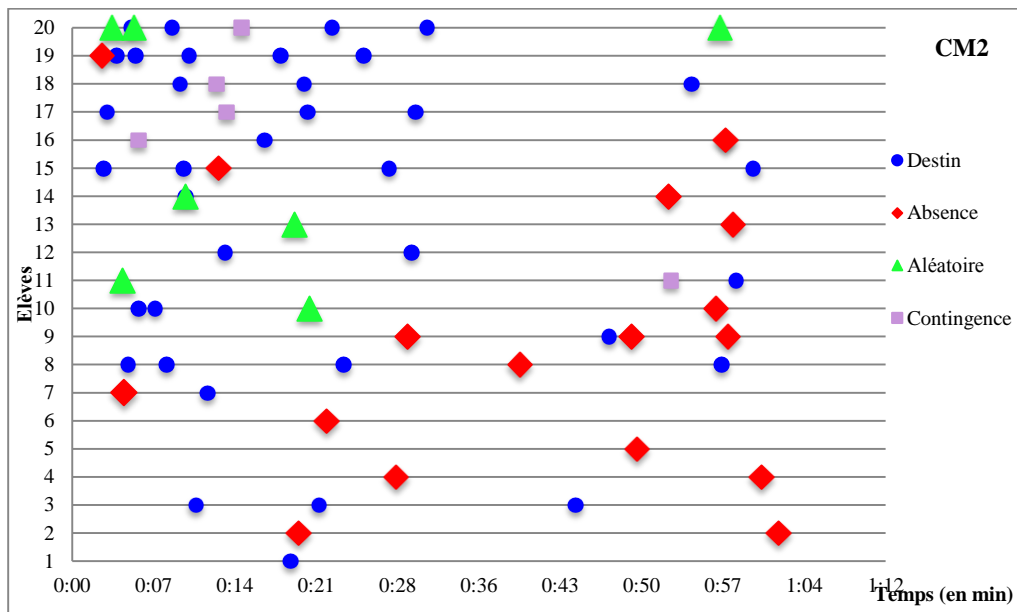


Fréquences relatives des différents sens évoqués par le groupe classe au cours de la DVP.

Résultats selon les élèves

La figure 3 représente les assertions pour chaque élève au cours du temps. Dans les deux groupes classes étudiés, la discussion est fluide, il n'y a pas de temps mort. Il émerge en moyenne une idée par minute au cours de ces échanges. Presque tous les élèves prennent la parole, et plus de la moitié prennent la parole au moins deux fois. Certains élèves prennent la parole plus de fois que d'autres (8 fois pour les élèves n° 19 et 20 mais une seule fois pour les élèves n° 1, 5 et 6 en CM₂). Le nombre de prises de parole ne diminue en rien la qualité de l'échange. Le temps d'échange assez long permet également de révéler que plusieurs élèves ne possèdent pas une idée du mot hasard mais 2 voire 3 idées différentes. Certains élèves, comme les élèves n° 23 et 30 en 5^{ème} (figure 3), expriment dès leur première intervention deux idées du mot hasard (l'élève n° 23 à la 32^{ème} minute, absence et destin ; l'élève n° 30 à la 42^{ème} minute, aléatoire et contingence). D'autres élèves complètent leur discours au fil des différents exemples évoqués au cours de la discussion. Par exemple, l'élève n° 29, à la 8^{ème} minute, exprime une vision aléatoire du mot hasard qu'il complète, à la 32^{ème} minute, avec l'idée de destin.

FIGURE 3



Sens attribué pour chaque prise de parole des élèves au cours des DVP.

CONCLUSION

Cette analyse montre que la DVP semble être un outil intéressant pour faire émerger les idées des élèves sur un sujet complexe. Elle permet de dépasser les premières idées énoncées par les élèves et pousse plus loin la réflexion de l'élève dans un collectif d'un groupe-classe.

Cette étude confirme également que le mot hasard n'est pas dépourvu de sens pour des élèves des deux niveaux de classe. Ils sont capables d'accepter plusieurs sens au mot hasard. Il semble cependant que la signification contingence du mot hasard ne fasse pas sens pour l'ensemble des élèves de CM₂. En classe de 5^{ème}, quelques élèves s'en approchent.

Ce dernier résultat suscite notre intérêt en le rapprochant de notre première réflexion sur le hasard et l'évolution du vivant. Merlin (2013) insiste sur le fait que les lois qui fondent l'évolution du vivant s'appuient sur un « hasard évolutionnaire ». La contingence occupe une place fondamentale dans le mécanisme explicatif de la sélection naturelle. Elle permet également d'appréhender l'évolution du vivant en tant que science historique (Orange-Ravachol, 2012). Or, la majorité des élèves interrogés ne semblent pas envisager cette idée. Cette non-appréhension de la contingence pourrait constituer pour ces élèves un obstacle épistémologique à l'acquisition d'une pensée évolutionniste. La passation d'un questionnaire à grande échelle doit permettre de montrer significativement les corrélations pouvant exister entre les idées des élèves sur le hasard et sur l'évolution des espèces.

RÉFÉRENCES

- Agostini, M. (2010). *L'apprentissage du philosophe à l'école primaire. Analyse d'une expérience d'un atelier de CM2 sous l'éclairage de la pensée de Montaigne*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Education, Université d'Aix-Marseille I, France.
- Aroua, S., Coquidé, M., & Abbes, S. (2013). Enseigner l'évolution du vivant dans un contexte concordiste. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 7(1), 5-26.
- Baraké, F. (2011). *Autour des conceptions du hasard et des probabilités élémentaires chez les jeunes déficients intellectuels légers*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Education, Université Paris 5, France.
- Barth, B. (2008). Au-delà de l'apprentissage, construire sa personne : approche sociocognitive de la médiation des apprentissages. *Diotime - Revue Internationale de Didactique de la Philosophie*, 37. Consulté à l'adresse : <http://www.educrevues.fr/DIOTIME/AffichageDocument.aspx?iddoc=38938>.
- Batanero, C., Arteaga, P., Serrano, L., & Ruiz, B. (2014). Prospective primary school teachers' perception of randomness. In E. J. Chernoff & B. Sriraman (Eds), *Probabilistic Thinking* (pp. 345- 366). Netherlands: Springer.
- Briand, J. (2005). Une expérience statistique et une première approche des lois du hasard au lycée par une confrontation avec une machine simple. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25(2), 247-282.
- Coquidé, M. (2009). Compréhension et repérage des conceptions des élèves de primaire, de collège et de lycée concernant l'évolution des vivants. In M. Coquidé, & S. Tirard (Eds), *L'évolution du vivant, un enseignement à risque ?* (pp. 122-124). Paris: Vuibert.

- Coupaud, M., Delserieys, A., Jégou, C., & Brandt-Pomares, P. (2015). *Pupil's conceptions of biological evolution throughout secondary school in France*. Paper presented at the ESERA 2015 Conference: "Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future", Helsinki.
- Coutanson, B. (2010). *La question de l'éducation statistique et de la formation de l'esprit statistique à l'école primaire en France. Étude exploratoire de quelques caractéristiques de situations inductrices d'un enseignement de la statistique au cycle III*. Thèse de doctorat, Université Lumière-Lyon II, France. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00494338/>.
- Gayon, J. (2005). Évolution et hasard. *Laval théologique et philosophique*, 61(3), 527-537.
- Hanley, P., Bennet, J., & Ratcliffe, M. (2014). The inter-relationship of science and religion: a typology of engagement. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1210-1229.
- Jedrzejewski, F. (2009). *Modèles aléatoires et physique probabiliste*. Paris: Springer Science.
- Lahanier-Reuter, D. (1999). *Conceptions du hasard et enseignement des probabilités et statistiques*. Paris: PUF.
- Margolis, E., & Laurence, S. (2014). Concepts. In E. N. Zalta (Éd.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/concepts/>.
- Merlin, F. (2013). *Mutations et aléas: le hasard dans la théorie de l'évolution*. Paris: Hermann.
- Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des SVT, Entre phénomènes et événements*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1951). *La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France - PUF.
- Santini, J. (2009). Les conceptions des élèves ? : des données empiriques aux résultats inférés. Questionner l'implicite d'un objet des didactiques à partir des conceptions du mécanisme sismique. In C. Cohen-Azria & N. Sayac (Éds), *Questionner l'implicite. Les méthodes de recherche en didactiques* (pp. 227-242). Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion.
- Séré, M. (1993). Le déterminisme et le hasard dans la tête des élèves. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 740, 87-96.
- Smith, M. U. (2010). Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical Issues. *Science & Education*, 19(6/8), 523-538.
- Van Dijk, E. M., & Reydon, T. A. C. (2010). A conceptual analysis of evolutionary theory for teacher education. *Science & Education*, 19, 6-7.
- Varela, M. A. C., Dos Santos, I. B. C., Ferreira J. H. B. P., & Bussab, V. S. R. (2013). Misunderstandings in applying evolution to human mind and behavior and its causes: a systematic review. *EvoS Journal: The Journal of the Evolutionary Studies Consortium*, 5(1), 81-107.
- Yasri, P., & Mancy, R. (2014). Understanding student approaches to learning evolution in the context of their perceptions of the relationship between science and religion. *International Journal of Science Education*, 36(1), 24-45.

L'enchantement dans l'enseignement

LEONIDAS SOTIROPOULOS¹, IOANNA BERTHOUD-PAPANDROPOULOU²

*¹Département des Sciences
de l'Éducation (Section préscolaire),
Université de Patras
Grèce
lsotir@upatras.gr*

*²Faculté de Psychologie et
des Sciences de l'Éducation
Université de Genève
Suisse
ioanna.berthoud@bluewin.ch*

RÉSUMÉ

Le concept de désenchantement a été avancé par le sociologue Max Weber dans son discours intitulé « La science, profession et vocation », selon lequel les progrès, toujours provisoires, de la connaissance scientifique contribuent à créer un monde dépourvu de sens ; Weber en tire des conséquences pour l'enseignement. Dans cet article, nous examinons ce concept, en relation avec celui d'attribution de sens décrit par Piaget, qui caractérise autant le développement psychologique spontané de l'enfant que les activités interactives d'enseignement. Nous discutons aussi comment l'enchantement, dans son acception générale, se rattache à l'éducation.

MOTS-CLÉS

Désenchantement, enchantement, éducation, interaction

ABSTRACT

The concept of disenchantment, referring to the trend of depriving, through the flow of scientific knowledge, the world of meaning, was linked in Max Weber's oeuvre « Science as a Vocation » to education and teaching. The present article examines this concept and compares it with Piaget's concept of meaning attribution, that characterizes both the spontaneous psychological development of the child and the interactive activities of teaching. Furthermore, the article discusses how enchantment, with its wider dictionary significance, relates to education.

KEYWORDS

Disenchantment, enchantment, education, interaction

INTRODUCTION

Le terme d' « enchantement » signifie « action d'ensorceler par des opérations prétendues magiques », mais aussi « fascination, action de charme, chose merveilleuse, surprenante ». Dans un cadre sociologique, l'enchantement est mis en position d'antonymie à son supposé contraire, le terme allemand *Entzauberung* (« désenchantement »), dont le concept sous-jacent

a été présenté à un large public par le sociologue Max Weber. Dans cet article, nous allons tenter d'examiner ce concept en relation avec l'apprentissage et l'enseignement.

LE DÉSENCHANTEMENT DE MAX WEBER

Nous nous référons au discours classique de Max Weber intitulé « La Science, Profession et Vocation »¹ (Weber, 1919/2005; Colliot-Thélène, 1990), dans lequel l'auteur développe l'idée suivante : un processus de désenchantement est de longue date en route dans le monde, caractérisé par le progrès scientifique, l'intellectualisation et la rationalisation (Weber, 1919/2005; Kalinowski, 2013). La connaissance scientifique sans cesse cumulative n'est pas apte à donner du sens au monde, avec pour conséquence que celui-ci reste vide de sens. Dans ce monde désenchanté, plus qu'un manque ou un surplus de connaissance, il existe la croyance que si l'on veut, on peut maîtriser toute chose par le calcul (Weber, 1919/2005, pp. 28-29). Cependant, dans un tel environnement, les gens ne peuvent pas donner sens à leur vie. L'homme civilisé ne peut pas, à l'instar d'Abraham, acquérir la sagesse; il est donc obligé de vivre « pris dans l'enrichissement continu de la civilisation en idées, en savoirs, en problèmes, (et) peut se ' fatiguer de la vie ' mais non en être ' rassasié ' » (*op.cit.*, p. 30).

La conclusion de Weber - que le monde tel qu'il est devenu n'a pas de sens pour l'être humain - se reflète aussi dans l'enseignement, parce que ce qui est enseigné, à savoir la connaissance scientifique, est dans un processus continu de découvertes, théories etc., qui ne sont pas achevées, ne donnant à la connaissance qu'une validité provisoire. Avec cet argument, Weber exclut un certain type de questionnements (philosophiques, existentiels) de la science, et par conséquent aussi de l'enseignement de celle-ci². Le sens (quel qu'il soit) que chacun donne à ce qu'il apprend / enseigne, devrait ainsi être tenu hors de l'enseignement. Weber introduit explicitement cette tendance, en exigeant une différenciation entre l'objet de l'enseignement et la personne qui l'enseigne, avec ses éventuelles croyances et ses valeurs. Weber se réfère en fait à l'enseignement des sciences, mais lorsqu'il est question de désenchantement en général dans son discours, il nous laisse comprendre que cette exclusion s'applique à tout contenu d'enseignement.

Dans son chapitre de commentaires sur le discours de Weber, sa traductrice et éditrice Isabelle Kalinowski nous révèle un trait fondamental de la personnalité de l'auteur : « pour Weber, ' la contradiction de la relation pédagogique résidait dans l'impossibilité d'éveiller l'intérêt scientifique par des moyens strictement scientifiques ' » (Kalinowski 2005, p. 171). Et Kalinowski ajoute : « cette question a poursuivi Weber, l'échec de sa tentative de lui trouver une réponse a joué un rôle dans la crise qu'il a traversée et dans les longues années d'abstention de parole publique qui l'ont amené à se retirer du professorat et à ne reprendre son enseignement qu'après des hésitations » (*op.cit.*, p. 171). C'est un fait établi, selon des témoignages, que Weber exerçait une fascination sur son auditoire par sa stature, ses propos et aussi par sa voix. Dès lors, le commentaire de Kalinowski nous éclaire sur le scientifique mais aussi sur l'enseignant qu'il était. Nous avons ici un bel exemple de la tension entre désenchantement – dû à sa probité de scientifique cherchant à transmettre son savoir – et enchantement – dû à sa manière d'être face à ses étudiants en tant qu'orateur. « On perçoit d'emblée en abordant la

¹Le titre original est «Wissenschaft als Beruf».

²Nous devrions sans doute prendre en compte les circonstances historiques particulières qui ont amené Weber à rendre publiques les thèses qu'on trouve dans l'œuvre susmentionnée (Sykoutris, 1933). Toutefois, le fait que ces thèses ont reçu un retentissement plus général par la suite nous autorise à les commenter ici, indépendamment des conditions précises qui ont contribué à les produire.

conférence une difficulté : la contradiction, chez Weber, entre projet scientifique 'objectiviste' et une puissante affirmation de sa propre subjectivité et de ses 'valeurs' » (*op.cit.* p. 67).

LE SENS DANS LE DEVELOPPEMENT DE L'ENFANT

Lorsque Weber parle d'enseignement dans son discours, il se réfère à des sujets adultes et à des objets d'apprentissage scientifiques, appartenant au monde désenchanté. Ajoutons que ces objets sont des produits, des résultats. Tournons-nous à présent vers un tout autre contexte d'appropriation de la connaissance : l'acquisition de concepts scientifiques par les enfants – acquisition spontanée ou assistée par un enseignement formel. Dans ce contexte, l'appropriation des connaissances est un processus très progressif dont nous pouvons suivre les étapes, et dont nous pensons qu'il est loin d'être désenchanté.

Examinons brièvement, dans ce cadre, le *sens*, puisqu'il est question de son absence ou de sa présence dans les deux mondes opposés (désenchanté *versus* enchanté), et bien qu'il soit un concept très complexe faisant partie de bien d'autres domaines que la sociologie et la psychologie³. Dans la théorie psychogénétique de Jean Piaget et son explication du développement, le sens nous semble intervenir sur trois plans bien distincts. En premier lieu, sur le plan émotionnel, le sens se présente dans sa nuance de « finalisation » : il s'agit de la motivation, autrement dit de cette force intérieure au sujet qui, sans avoir été étudiée pour elle-même, est considérée par Piaget comme le moteur du développement cognitif. En effet, bien que d'ordre affectif, la motivation est liée à la dimension cognitive. Selon Piaget, si l'enfant s'intéresse à une chose, c'est bien parce qu'il dispose d'instruments cognitifs pour la traiter : « Selon son niveau de développement, l'enfant témoignera d'un grand intérêt à découvrir une loi qui correspond à une structure déjà en sa possession (...), tandis qu'à un niveau inférieur cet intérêt n'existera pas encore » (Piaget, 1959/1974, p. 29). En deuxième lieu, sur un plan cognitif, le sens se présente comme « signification ».

Avant l'acquisition du langage dans les actions sensori-motrices, et usant de moyens symboliques et sémiotiques dès l'âge de 2 ans, le sujet attribue du sens à tout ce qu'il rencontre : objets, événements, phénomènes naturels, actions d'autrui. Cette attribution continue de significations, de sens, au monde environnant, se fait grâce à la fonction d'assimilation – concept fondamental de la théorie de Piaget – qui est la compréhension par le sujet de la nouveauté à l'aide de connaissances antérieures. On peut y inclure la caractéristique de la pensée du jeune enfant appelée « magico-phénoménisme » qu'on peut résumer ainsi : pour tous les phénomènes qu'il observe, l'enfant tend à les expliquer (donc les assimiler) soit au moyen de notions de causalité physique (de l'action propre ou des objets), soit en évoquant des forces invisibles ou d'action à distance, soit encore en attribuant aux phénomènes des comportements psychologiques (par exemple il pense que quand il marche, la lune le suit) (Piaget, 1927, 1950). Enfin, sur un plan plus global et plus philosophique, dirions-nous, le sens se présente comme « vexion », c'est-à-dire comme une orientation dans l'évolution des connaissances⁴ : les étapes de celle-ci, sans être bien sûr prédéterminées, deviennent à un moment donné nécessaires pour le sujet grâce à un principe d'intégration de connaissances antérieures dans les connaissances

³ P.ex. la philosophie, la théologie, la sémiologie, la linguistique.

⁴ Legendre analyse avec finesse cette orientation dans le domaine logico-mathématique. « La connaissance devient de plus en plus objective, parce que décentrée, en même temps qu'elle se détache des objets, ce qui aboutit à la constitution d'une logique et d'une mathématique 'pures' » (Legendre, Fondationjeanpiaget.com, consulté avril 2016).

ultérieures, où le « dépassé » fait partie du « dépassant »⁵. Avec l'idée de vexion, nous découvrons le sens dans une autre acception, celle de direction, de « vers où va l'évolution ».

Ainsi, la théorie constructiviste piagétienne contient les trois éléments - de motivation, d'assimilation et de force proactive du développement – qui composent le concept de sens inhérent au progrès de la connaissance, y compris de la connaissance scientifique (qui en est, selon Piaget, l'aboutissement). Dans cette logique, l'idée wébérienne selon laquelle la science est en perpétuel devenir, et donc que la vie est dénuée de sens pour l'homme, est une idée qui n'est pas concernée par le développement affectif et cognitif, par essence doué de sens pour le sujet qui le parcourt et le réalise.

L'ENCHANTEMENT LORSQUE L'ON ENSEIGNE / APPREND

Dans une classe, le maître a constamment le souci de joindre d'un côté l'objet scientifique à faire connaître, ou acquérir comme on dit, objet faisant par définition partie du monde désenchanté (en tant que produit, non en tant que processus de chercheur) et de l'autre côté la perspective des élèves qu'on pourrait qualifier d'« enchantée » dans laquelle s'inscrit leur progrès cognitif, et aussi leurs apprentissages scolaires.

Il y a eu des tentatives d'introduire dans l'enseignement des modèles scientifiques abstraits. Par exemple ceux de la théorie des ensembles, ou encore le modèle arborescent des structures linguistiques de Noam Chomsky (1957). Les enfants ont été ainsi exercés à analyser des phrases en termes d'« arbres », représentant la séparation initiale entre Sujet - Prédicat, puis la séparation entre Syntagmes nominaux et verbaux, à leur tour scindés respectivement en articles et noms, auxiliaires et verbes avec leur compléments (pour arriver par exemple à la structure de surface : *le garçon a mangé la pomme*). Or, certains jeunes sujets ont dessiné, dans cette situation, des feuilles et des oiseaux à ces « arbres » ! Il s'agit là d'un exemple extrême de l'application directe – en bonne partie remise en question aujourd'hui – de la science dans l'enseignement. Car, même si elle émane d'une volonté sincère d'apporter aux enfants la vérité scientifique et les derniers développements faits par les savants, une telle application ne prend pas totalement en considération les significations que les élèves sont capables de donner – ou non – aux matériaux proposés. Il existe bien souvent une faille irréductible entre les significations attribuées par les partenaires d'une interaction pédagogique.

Dans une interaction pédagogique, il y a encore un autre niveau de sens : c'est le sens que chacun des participants attribue à ce qu'il est en train de faire en interagissant avec l'autre. Ce sens (qui consiste, par exemple, pour l'enseignant « de rendre l'enseigné meilleur », pour l'enseigné « d'apprendre quelque chose d'utile et de précieux ») bouleverse les recommandations sévères de Weber concernant l'enseignement dans un environnement désenchanté, car il rattache les actions des participants à leurs systèmes de valeur personnels et au but qu'ils donnent plus généralement à leur vie. Probablement à des époques antérieures, l'éducation conférait à la vie un but commun, culturellement admis, qui était à transmettre. Dans l'époque contemporaine, désenchantée selon Weber, devrions-nous être conduits à rayer complètement de l'éducation cette dimension ? Si nous suivons la logique de Weber, il faudrait en effet enlever de l'éducation l'intention d'aider les individus à trouver, chacun pour lui-même, le sens de leur vie. Une telle intention existe pourtant chez plusieurs penseurs actuels de l'enseignement (Bertrand 1998, pp. 25-70).

⁵ Piaget disait parfois, sous forme de boutade, que pour progresser, on s'appuie sans arrêt sur ce qu'on n'a pas encore construit.

De surcroît, le terme d' « enchantement » a une connotation qui va plus loin, sans l'annuler, de l'idée de sens que nous avons jusqu'ici abordée. Il s'agit de la fascination, du charme que subit ou ressent celui qui reçoit quelque chose venant du monde extérieur, quelque chose d'inattendu, d'inhabituel, de nouveau, de profond. Nous pouvons rencontrer cette connotation dans certains aspects de l'interaction éducative, cette activité commune d'esprits au départ si différents, aspects que nous énumérons ci-dessous, à titre de possibles :

- l'écart, pour le novice, entre ce qu'il ne sait pas et ce qu'il est sur le point d'apprendre – écart comblé par sa coopération avec l'expert (voir sous cet angle le travail que celui-ci fait à l'intérieur de la *Zone proximale de développement* de l'enseigné, Vygotski, 1934/1985) ;
- le don réciproque entre participants à l'interaction : le maître apporte à l'élève un objet assimilable ; en retour, celui-ci donne au maître son écoute, sa confiance, sa curiosité, éventuellement son incompréhension (voir sous cet angle « l'illusion de se comprendre » existant entre enfant et adulte, décrite par Vygotski, illusion inhérente à l'usage d'une langue commune entre les deux, *op.cit.*).
- l'unité de l'interaction qui est, non pas le tour de parole ou d'action de chaque participant, mais quelque chose de mystérieux qui circule entre les deux, et qui peut aller, selon des témoignages de ceux qui disent l'avoir vécu en tant que moment de grâce, jusqu'à une communion des esprits, d'où émerge une joie et une compréhension nouvelles, comme celles décrites par Miller (Miller, 1974, p. 34) ; celles-ci ressemblent, d'ailleurs, à ce qu'on peut ressentir aussi hors interaction, par exemple au contact avec un phénomène ou avec un élément du monde extérieur (Lévi-Strauss, 1976, p. 544), ou encore dans une expérience artistique.
- la distinction entre processus et résultat. Le processus scientifique, comme Weber lui-même l'indique en parlant de l'inspiration (Weber, 1919/2005, pp. 20-23), l'activité de découverte de faits, la formulation par le chercheur d'hypothèses plausibles et l'accord ou le désaccord entre faits et théorie ne riment pas toujours avec le désenchantement strict. Telle découverte nécessaire pour l'avancement des sciences n'est pas souvent présente à la classe ; d'habitude c'est le résultat de ces efforts qui est considéré comme de la matière à enseigner.

Pour rendre l'enseignement plus attrayant pour les élèves, l'enseignant et chercheur suisse Fritz Kubli conseille à l'enseignant de physique de chercher à permettre aux élèves « de refaire le cheminement qui aurait conduit un homme de sciences, p.ex. Galilée, à l'une de ses nouvelles idées. (...) Même en classe, nous pouvons recréer quelque chose de l'esprit pionnier si nous montrons combien il était difficile à l'origine d'arriver à un résultat et si nous pouvons transmettre la fascination née du défrichage d'un nouveau terrain » (Kubli, 2005, pp. 515-516). D'autres situations consistent à comparer des conceptions scientifiques contemporaines avec des conceptions correspondantes qui relèvent d'autres périodes historiques (Koliopoulos, Dossis & Stamoulis, 2007). Un autre cas encore où le processus l'emporte sur le résultat est le cas limite appelé *enseignement subjectif* dans lequel le maître, faisant une projection totale de sa personne dans l'action enseignante, et absorbé par le cours de sa pensée, monologue devant ses auditeurs plutôt qu'il ne s'adresse à eux (Sotiropoulos & Berthoud-Papandropoulou, 2010) ; ceux-ci, s'ils sont charmés, essaient de capter quelque chose de ce monologue.

EN GUISE DE CONCLUSION

Partis de la position wébérienne de désenchantement du monde, nous avons été amenés à

défendre différents - et non exhaustifs - niveaux de sens (relevant d'une perspective d'enchantement), aussi bien dans le développement psychologique de l'enfant que dans l'interaction pédagogique élève - enseignant.

À un autre niveau épistémologique qui est celui des choix des matières à enseigner, se pose la question de la recherche de sens dans l'enseignement des sciences, question qui constitue un sujet vif ces dernières décennies. Notre approche, tout en ne s'identifiant pas avec le "pourquoi" et le "comment" enseigner les sciences aux élèves, nous paraît néanmoins fournir un cadre plus général, dans lequel cette problématique pourrait éventuellement s'inscrire. Nos remarques conclusives seront consacrées à des réflexions sur ce que cette dichotomie désenchantement - enchantement peut signifier aujourd'hui.

Dans le monde contemporain, dans lequel le développement technologique propose des modèles qui influencent notre conception de l'humain, et par extension aussi l'enseignement, la ligne de démarcation entre désenchantement et enchantement qui découle de la pensée de Weber en 1919 semble être pertinente, prophétique même. Dans une telle condition culturelle désenchantée, l'apprentissage de performances remarquables chez nos élèves semble pouvoir être comparé à des processus de l'intelligence artificielle ; aussi, les compétences des machines peuvent être prises comme des modèles servant à l'enseignement d'activités de raisonnement humain (rappelant certaines réflexions de Turing) (Guo, 2015).

Parallèlement cependant, si nous acceptons, comme le soutient Maslow (1999, pp. 154-156, 227), que dans une démarche personnelle de réalisation de soi (self-actualization), nous assistons à une résolution de dichotomies, où des éléments mutuellement exclusifs, voire contradictoires, fusionnent, nous pouvons considérer que l'opposition binaire enchantement-désenchantement est contextuelle et qu'elle peut être dépassée. Un tel dépassement permettrait à l'action éducative - dans un cadre qui intégrerait néanmoins la didactique des sciences - de trouver une unité qui contribue à l'humanité de l'enseigné autant que de l'enseignant.

RÉFÉRENCES

- Bertrand, Y. (1998). *Théories contemporaines de l'éducation*. Montréal: Nouvelles Éditions.
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures*. The Hague-Paris: Mouton.
- Colliot-Thélène, C. (1990). *Max Weber et l'histoire*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Guo, T. (2015). Alan Turing: Artificial intelligence as a human self-knowledge. *Anthropology Today*, 31(6), 3-7.
- Kalinowski, I. (2005). Introduction/ Commentaires. Dans M. Weber, *La Science, Profession et Vocation, Suivi de « Leçons wébériennes sur la science & la propagande »*. Marseille: Éditions Agone.
- Kalinowski, I. (2013). Le « désenchantement du monde »: Prophétie et rationalisation dans Le Judaïsme antique de Max Weber. *Yod: Revue des Études Hébraïques et Juives*, 18, 2-12.
- Koliopoulos, D., Dossis, S., & Stamoulis, E. (2007). The Use of History of Science Texts in Teaching Science: Two Cases of an Innovative, Constructivist Approach. *The Science Education Review*, 6(2), 44-56.
- Kubli, F. (2005). Science teaching as a dialogue – Bakhtin, Vygotsky and some applications in the classroom. *Science & Education*, 14(6), 501-534.
- Legendre, M.-F. (2016). *L'accroissement des connaissances: La vocation dans l'évolution des connaissances*. Retrieved from (Section : l'accroissement des connaissances). http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/ModuleFJP001/index_gen_page.php?IDPAGE=33&IDMODULE=72.

-
- Lévi-Strauss, C. (1976). *Tristes Tropiques*. Harmondsworth: Penguin.
- Maslow, A. (1999). *Toward a Psychology of Being*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Miller, H. (1974). *The Colossus of Maroussi*. Harmondsworth: Penguin.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: F. Alcan
- Piaget, J. (1950). Épistémologie génétique et méthodologie dialectique II. *Dialectica*, 4(4), 287-295.
- Piaget, J. (1959/1974) Apprentissage et connaissance, première partie. Dans P. Greco & J. Piaget (Eds.), *Apprentissage et connaissance. Études d'épistémologie génétique*, Vol. VII, Chapitre 2 (pp. 21-67). Nendeln/Liechtenstein: Kraus Reprint.
- Sotiropoulos, L., & Berthoud-Papandropoulou, I. (2010). L'enseignement subjectif du professeur Lidenbrock : pour soi ou pour les autres? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 4(1), 77-86.
- Sykoutris, I. (1933). Eisagogi. In M. Weber, *I epistimi os Epagelma* (pp. 5-54). Athens: Melissa.
- Vygotski, L. S. (1934/1985). *Pensée et langage*. Paris: Éditions Sociales.
- Weber, M. (1919/2005). *La science, profession et vocation*. Marseille: Éditions Agone.

L'impact de l'exploitation du modeleur volumique sur l'apprentissage de la construction mécanique dans la section sciences techniques en Tunisie

ALI JARRAY^{1,2}, JACQUES GINESTIÉ²

¹ISEFC, Université Virtuelle de Tunis
Tunisie
Alijar2005@gmail.com

²Aix-Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
jacques.ginestie@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

L'objet de cet article est de présenter quelques éléments caractéristiques d'une étude de thèse conduite en Tunisie afin d'améliorer la compréhension du processus d'acquisition de compétences la représentation des solutions technologiques en génie mécanique. L'enseignement de la conception mécanique s'appuie sur la manipulation d'objets en trois dimensions. Pour autant, les objets ou mécanismes ainsi représentés restent limités à de simples outils de présentation, de démonstration ou de manipulation. Les objets techniques représentés par le modeleur 3D pourraient jouer un rôle particulier avec un changement de statut passant de celui d'outil organisant l'activité pédagogique de l'enseignant à celui d'instrument utilisé par l'élève pour résoudre le problème qui lui est posé.

MOTS-CLÉS

Tâche d'apprentissage, activité d'apprentissage, outil, instrument, analyse de la tâche, modeleur 3D

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present some characteristic elements of a study conducted in Tunisia. The study was conducted to better understand the acquisition process of competencies in the design and representations of technological solutions in mechanical engineering. The teaching of mechanical design relies heavily on manipulating 3D objects. Nonetheless, the represented objects or mechanisms are just presentation or demonstration tools. They are used in new approaches to learning situations based on problem solving to seek possible solutions but their use to retain the most suited solutions to the specifications remains limited. The use of 3D modelling software to represent 3D objects gives learners the ability to conceive a range of new solutions. Creativity and the number of solutions to a problem in mechanical engineering depend heavily on the exploitation of a 3D modelling software that changes the use of a simple tool into an instrument that makes the learner autonomous and able to evaluate his own production. Teaching can lead to employment, dignity and trust only when there is a synergy between school and industry. Therefore, all the stakeholders have to adhere to ensure success, which is for the benefit of everyone.

KEYWORDS

Learning task, learning activity simple tool, instrument, learner autonomous, 3D modelling objects, task analysis

INTRODUCTION

L'enseignement du génie mécanique en classe terminale, section Sciences Techniques en Tunisie se déroule dans des laboratoires de technologie équipés d'environ 10 postes informatiques. Chaque poste met à disposition des élèves un logiciel de modélisation en trois dimensions (modeleur 3D) et ce dès la 3^e année d'enseignement secondaire jusqu'en terminale. L'enseignement de conception mécanique s'appuie largement sur la manipulation d'objets en trois dimensions. Pour autant, les objets (Ginestié, 1998) ou mécanismes ainsi représentés restent limités à de simples outils de présentation, de démonstration ou de manipulation; leur utilisation dans le cadre de nouvelles approches de situations d'apprentissage fondées sur la résolution de problèmes laquelle permet d'envisager plusieurs solutions possibles pour retenir la solution optimale, à savoir celle qui intègre le mieux les contraintes liées au cahier des charges est plutôt limitée. Ces possibilités permettraient de développer des stratégies d'apprentissage plus ouvertes, fondées sur la recherche de solutions et permettant à l'élève de s'autoévaluer, tout en réduisant le guidage procédural de l'enseignant et son rôle d'évaluateur normatif. Le modeleur 3D pourrait ainsi jouer un rôle d'outil organisant l'activité pédagogique destinée à l'élève et grâce à laquelle il apprend à résoudre le problème qui lui est posé.

Ce problème est souvent lié à la recherche et à la représentation d'une ou de plusieurs solutions technologiques correspondant à un objet ou à un système technique. Servant à la résolution de problème, elle est plus conforme aux rôles sociaux en usage dans l'industrie et donc plus proche des attentes de ce secteur professionnel quant aux compétences que ces futurs professionnels doivent acquérir au cours de leur formation. Cet article présente une étude menée en Tunisie et destinée à améliorer la compréhension de ce processus d'acquisition de compétences dans l'enseignement-apprentissage de la technologie en section Sciences techniques, et ce, en exploitant la réalité virtuelle fournie par l'outil informatique. La notion de réalité virtuelle est une construction issue des TIC et dans laquelle le graphisme notamment est utilisé pour créer un environnement qui duplique une réalité. La plupart des domaines de la vie courante n'échappent pas à ces modèles de représentation qui connaissent de multiples usages ; mais en ce qui concerne l'éducation, ils peuvent servir à mieux appréhender l'apprentissage des phénomènes, concepts, faits et objets variables dans l'espace et /ou dans le temps, surtout quand ils ne peuvent pas rentrer dans la classe. De ce fait, le modeleur 3D pourra avoir aussi des conséquences didactiques en faveur de l'enseignement-apprentissage. Il pourrait former un rôle de lien cognitif entre, d'une part, la réalité et le virtuel, et d'autre part, entre les représentations en 2D et celles en 3D. Ce medium pourrait devenir un outil très efficace pour remédier aux difficultés que les apprenants éprouvent face aux représentations graphiques et à l'analyse du fonctionnement des mécanismes mis en œuvre dans les enseignements du génie mécanique en classe de sciences techniques. Notre recherche a une portée exploratoire vise à faire évoluer les pratiques enseignantes afin qu'elles proposent des situations problèmes ouvertes, rendues possibles par les applications actuelles liées au modeleur 3D qui devraient permettre d'améliorer les apprentissages des élèves.

CADRE DE L'ÉTUDE

L'enseignement de la représentation graphique en génie mécanique

L'enseignement du dessin technique en 2D tel qu'il apparaît traditionnellement dans les domaines de la construction mécanique devient obsolète face au développement des TIC appliquées à la construction industrielle. L'usage des modeleurs volumiques 3D consacre l'avènement de la réalité virtuelle et offre aux apprenants l'accès à des environnements 3D (Mellet-d'Huart, 2004; Bascoul, 2007), ces développements bousculent les méthodes d'apprentissage du dessin technique. Historiquement, il y a un lien fort dans le processus de conception industrielle d'un objet entre les différents modes de représentation de cet objet qui n'existe pas a priori matériellement, et qui reste à fabriquer. En effet, ces représentations se font selon deux registres principaux : en 2D à travers les règles et normes du dessin technique et en 3D au travers d'objets virtuels construits grâce aux systèmes informatiques des modeleurs.

Il s'agit donc de comprendre si ces liens qui existent historiquement dans les fondements de la construction mécanique moderne sont prégnants dans les habitudes des enseignants de génie mécanique et ont un impact sur les logiques d'apprentissage des élèves. Dans ce cadre nous cherchons si la conservation d'un passage par le dessin technique en 2D (avec ses règles et ses normes) par les enseignants de génie mécanique pourrait constituer un obstacle à l'apprentissage des élèves de sections sciences techniques. De la même façon est ce que les organisations scolaires traditionnelles mises en œuvre par les enseignants à propos du dessin technique en 2D induiraient-elles un guidage conduisant les élèves vers une solution prédéfinie, limitant ainsi les potentialités d'investigation d'autres solutions possibles. Enfin si les organisations pédagogiques fondées sur l'utilisation des modeleurs 3D sont construites autour de problèmes ouverts¹ (Arsac & Mante, 2007) cela signifie-t-il que les élèves seraient amenés à investiguer plusieurs solutions possibles à un même problème de conception mécanique. Notre recherche a une portée exploratoire visant à faire évoluer les pratiques enseignantes afin qu'elles proposent des situations problèmes ouvertes, rendues possibles par les applications actuelles du modeleur 3D celles-ci devraient permettre d'améliorer les apprentissages des élèves.

La tâche sous la forme du modèle actuel de l'enseignement de la technologie en Tunisie

Dans notre cas, et pendant son apprentissage et sa recherche de solutions constructives pour un problème de conception en mécanique, l'élève de 4^e année en Sciences Techniques n'établit pas une relation cognitive se donnant ainsi une capacité d'action pour atteindre un but et s'organiser pendant la tâche, mais il suit le cheminement proposé par son enseignant. Le modèle ci-après représente le cheminement des actions de l'apprenant pour réaliser une activité de recherche et la représentation de solutions technologiques en conception mécanique. L'apprenant ne sent aucune action de déséquilibre tout au long de la tâche qu'il réalise. Il réalise son activité en parfaite monotonie et en toute linéarité.

Nous remarquons que, dans cette itérative, il est souvent fait appel à une intervention de guidage par l'enseignant, ce qui se traduit, d'une part, par la recherche de « la solution » au problème posé et d'autre part, par l'évaluation, qui se fait toujours par l'enseignant. Ce que nous proposons de mettre en place, c'est un modèle où l'outil « modeleur 3D » participe à

¹ Un problème ouvert c'est un problème dont l'objectif est de permettre aux élèves de s'engager dans une démarche scientifique : Essayer, conjecturer, tester, prouver.

donner plus d'autonomie à l'apprenant pendant la recherche des solutions. On peut alors créer une boucle, favorisant même l'autoévaluation. De ce fait, nous proposons le modèle présenté dans la figure 2 suivante.

La tâche sous la forme du modèle intégrant le modèleur 3D dans l'enseignement de la technologie en Tunisie

Dans notre étude nous avons identifié tous les composants d'une tâche et nous avons établi les critères et les indicateurs pour l'analyse de chacun d'eux. Chaque indicateur mesure directement, à l'issue d'une activité d'apprentissage de la conception mécanique, le processus, les degrés d'atteinte des objectifs, et les éléments qui participent au guidage de l'activité, partant de la préparation de la tâche jusqu'à son accomplissement. Il existe plusieurs types d'indicateurs : les indicateurs des résultats finaux, des résultats intermédiaires, les indicateurs liés aux registres cognitifs ou social. Ceux liés à la démarche procédurale lors de la réalisation de l'activité, et ceux liés à la présentation des documents et à leur clarté. Nous donnons comme exemples les indicateurs liés aux deux premiers composants de la tâche : la pré-tâche et les contenus et ressources qui permettent de la commencer. Ce tableau est construit en se basant sur les composantes d'une tâche d'enseignement/apprentissage cités dans le programme officiel² de la section Sciences Techniques et une étude d'analyse des indicateurs et de leurs éléments selon deux registres : social (usage sociale de l'objet technique) (Ginestié, 2009a) et cognitif (éléments du savoir).

TABLEAU 1

Les indicateurs des composantes de la tâche selon différents registres

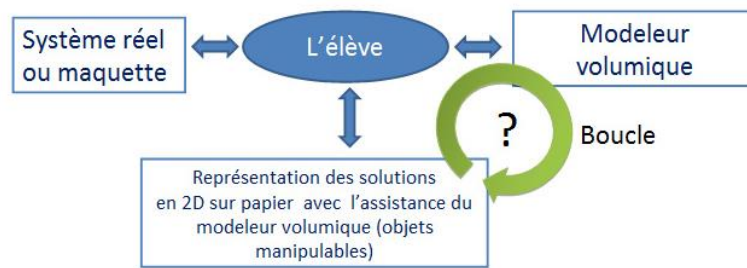
Composants de la tâche	Indicateurs	Éléments de l'indicateur	Registres
1. Pré-tâche	- Mise en situation - Vérification des prérequis	- L'enseignant tient-il compte des conceptions des élèves ? - Le problème est-il posé ? - Les prérequis des élèves sont-ils indiqués ?	Social
2. Contenus et ressources (dossier technique, dossier réponse, extraits de normes...)	Présence de toute l'information nécessaire	Descriptions, documents graphiques en 2D ou en 3D, directives, matériel à exploiter, etc.	Social et cognitif
	Les documents sont complets	La tâche fait-elle appel à d'autres sources que l'enseignant et le manuel scolaire (observation, ouvrages de référence, matériel didactique, autres élèves, source extérieure à la classe).	Social

Position de l'outil modèleur 3D dans l'environnement d'apprentissage de l'élève

La figure ci-dessous, que nous avons construit nous-mêmes, montre la boucle à créer en présence de l'outil modèleur 3D et la recherche des solutions au travers desquelles cet outil peut accéder au statut d'instrument

² Programmes officiels section Sciences Techniques en Tunisie 2008

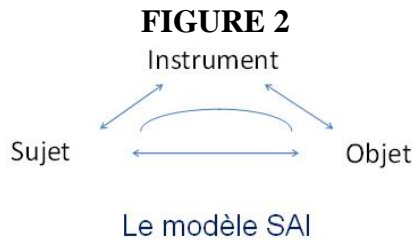
FIGURE 1



Environnement d'apprentissage et ajout de la boucle donnée par le modeleur volumique

Relation : élève (sujet) – objet technique (système technique)

Le modèle SAI (situation d'activité instrumentale) (Vérillon & Rabardel, 1995) représenté dans la fig. 2, montre qu'il y a une relation à trois pôles : le sujet, l'objet et l'instrument. Cette relation a été mise en évidence par Ginestié (2009b) voir fig. 3



Le modèle SAI

Modèle SAI (Vérillon & Rabardel, 1995) ; Relation Sujet-Objet (Ginestié, 2009b)

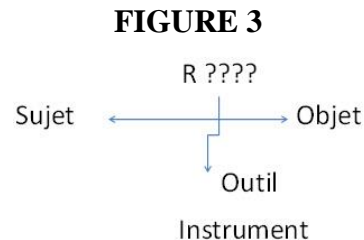
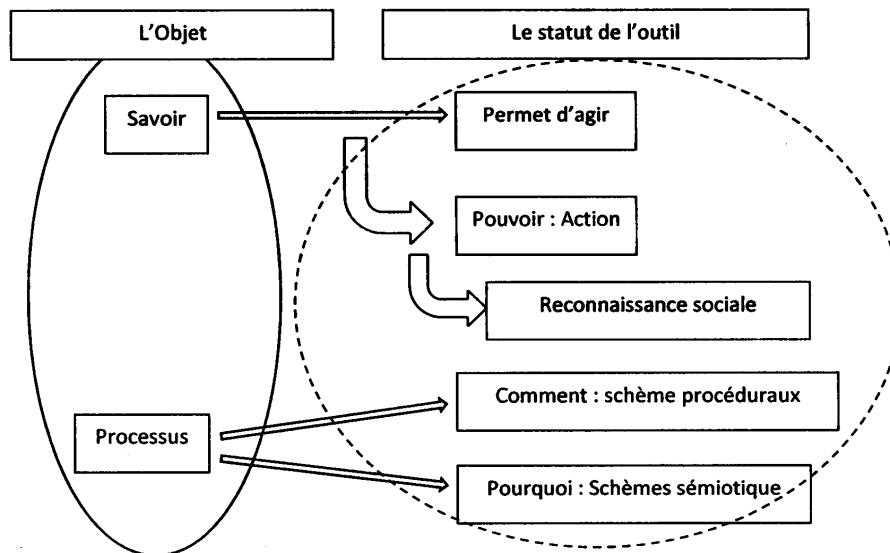


FIGURE 4



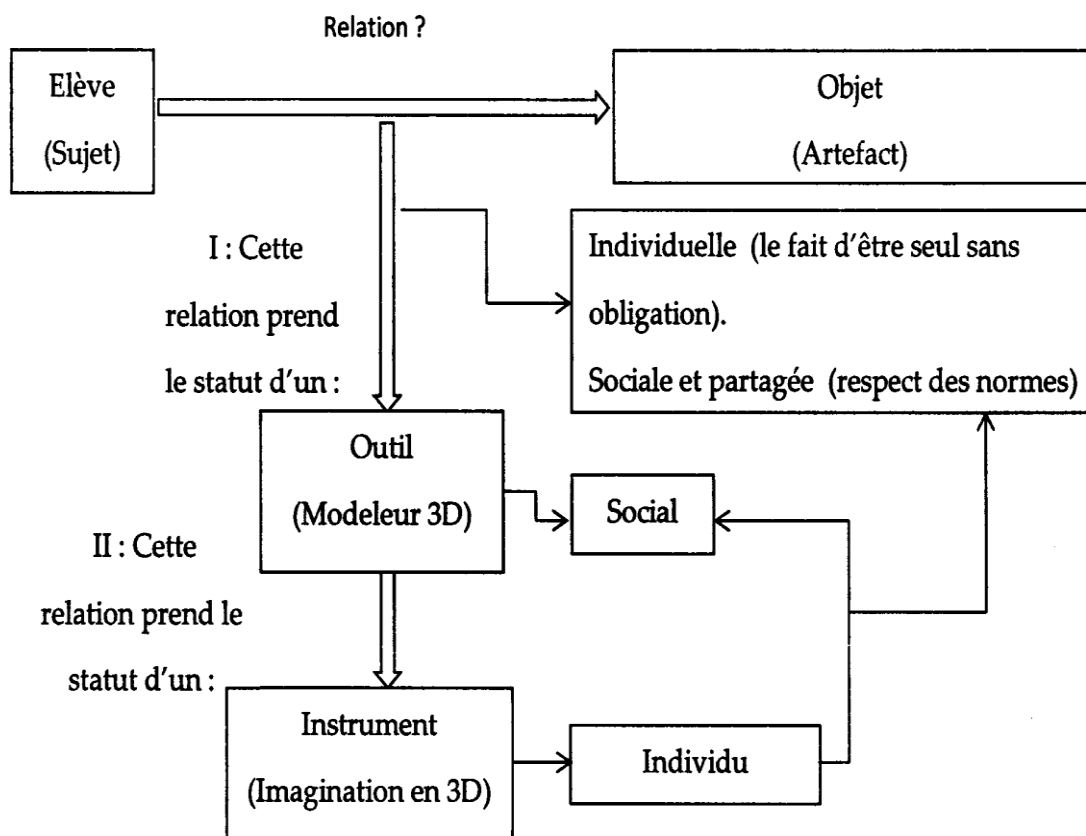
Nature de l'outil où l'objet prend le statut de l'outil

Pour adapter cette relation à notre situation qui part de la représentation à l'aide du modeleur 3D comme outil de CAO-DAO avec son propre statut social il faut en l'intégrant dans la tâche, le traiter comme un instrument permettant à l'élève de trouver plusieurs solutions au

problème qui lui est posé. Cette relation nous permet dès lors de favoriser les apprentissages et surtout la recherche de solutions à un problème posé en génie mécanique. Les figures 4 et 5, que nous avons construites d'après ce que renferme l'objet comme étant savoir et processus, et son statut dans l'activité, montrent les détails de cette relation lorsqu'il occupe le statut d'outil et lorsqu'il se transforme en instrument.

Dans la figure ci-après nous avons représenté ce que signifie la relation élève/objet technique, qui prend au début le statut d'un simple outil, puis le statut d'un instrument.

FIGURE 5



Nature de la relation élève/objet

MÉTHODOLOGIE

Notre méthodologie repose essentiellement sur les indicateurs qui ont été retenus pour chaque tâche afin de répondre à la question posée pour notre, à savoir quel est l'impact du modelleur volumique sur l'apprentissage des élèves de la section Sciences techniques. Nous allons considérer les différents types d'indicateurs qui mesurent directement, à l'issue d'une activité d'apprentissage de la conception mécanique, le processus, les degrés d'atteinte des objectifs, et les éléments qui participent au guidage de l'activité, partant de la préparation de la tâche jusqu'à l'accomplissement de cette dernière. Il existe plusieurs types d'indicateurs qui sont liés, soit aux registres cognitif et social, soit à la démarche procédurale et aux résultats, tant intermédiaires que finaux, des points de vue de l'exactitude, de la validité, de la pertinence et de la présentation des documents réponses, ainsi que de leur clarté.

Tous ces indicateurs se situent dans les deux registres cognitif et social, vu que le résultat final est lié à la production des élèves qui peut être, exacte, pertinente valide... et l'appréciation de la solution en elle-même qui peut être originale, créative optimale. Chaque groupe d'indicateurs est lié à une des composantes de la tâche. Nous avons pris en considération, dans un premier lieu, ce que l'élève peut produire dans sa solution sur le plan de l'exactitude, quand il s'agit de concevoir des composants respectant la norme en vigueur du point de vue des dimensions, des ajustements et des conditions de fonctionnement (jeu fonctionnel, réglage de jeu...). Dans un second lieu, nous avons considéré la validité, c'est-à-dire lorsque le produit ou un de ses composants est conforme aux spécifications mentionnées dans le cahier des charges lorsqu'il est placé dans son environnement. Dans un troisième lieu, nous sommes soucieux de l'originalité qui doit s'apprécier comme une marque de création et dans notre cas de conception mécanique, il s'agit du fait de concevoir une solution qui réponde à tous les critères de pertinence vis-à-vis du cahier des charges et représente une solution optimale dans le domaine. Dans un quatrième temps nous avons vérifié, la pertinence, qui est la qualité de ce qui est pertinent, logique et parfaitement approprié.

Notre expérimentation se fonde essentiellement sur la réalisation d'une activité tirée du manuel d'activités scolaire des classes terminales en section Sciences Techniques en Tunisie. Cette activité présente à l'élève une situation problème où il s'agit de trouver plusieurs solutions technologiques à un guidage de rotation d'un arbre tournant sur deux roulements à billes. Les efforts axiaux sont faibles, il suffit donc de positionner les roulements par rapport à l'arbre ensuite réaliser la liaison pivot avec le moyeu. Ceci permet à l'élève de prévoir plusieurs solutions (six solutions sont possibles selon les positions des dispositifs d'arrêts en translation qui seront répartis sur l'arbre et sur le moyeu). Puis, la même activité a été réalisée par ces quatre enseignants et par 113 élèves de 4 classes différentes appartenant à 4 lycées éloignés l'un de l'autre dans le commissariat régional de Tataouine (sud tunisien). Les 113 élèves l'ont réalisée sans utiliser le modèleur 3D. Parmi ces élèves, six d'entre eux ont été repérés par leur enseignant (deux bons éléments, deux moyens et deux très moyens d'après leurs évaluations scolaires en mécanique au 1^e et au 2^e trimestre). Ces six élèves ont réalisé le même travail mais en présence du modèleur 3D, qu'ils ont appris à utiliser l'année précédente. Nous avons recueilli les documents réponses des enseignants, des 113 élèves et des six élèves. Une interview a été réalisée auprès des élèves avant et après la réalisation de l'activité pour voir ce qui a changé pour eux.

La tâche principale de l'activité proposée aux élèves consiste à chercher plusieurs solutions constructives pour réaliser une liaison pivot (guidage en rotation) d'un arbre avec un moyeu fixe. Cette recherche de solutions est divisée en quatre sous-tâches qui représentent la recherche de solutions dès l'identification du cas du mécanisme, le schéma technologique de la solution selon plusieurs configurations, la justification de chaque proposition et la représentation de trois solutions retenues. Il est à signaler que chacune des sous-tâches comporte un certain nombre de difficultés. Pour l'ensemble des solutions supposées possibles et les critères qui sont considérés dans l'analyse de la tâche nous ont amené à déterminer quatre niveaux (N1, N2, N3 et N4) à considérer lors de l'analyse des résultats de l'activité réalisée par les élèves. La classification de ces quatre niveaux est faite selon ce que l'élève peut faire comme suite d'actions servant de moyens pour atteindre la ou les solution(s) qui sont les schèmes procéduraux (SP), et l'ancrage social des schèmes (Piaget, 1975), généraux et des schèmes sémiotiques (SS). Ce tableau est obtenu suite à une analyse réalisée dans une recherche de maîtrise dans le même sujet et concernant les copies des élèves produites lors de l'examen de baccalauréat tunisien en section Sciences Techniques (Jarray, 2009). Les erreurs trouvées du type représentation graphique (Fassina & Petit, 1968) et du type raisonnement et analyse.

Ce qui donne :

TABLEAU 2*Les niveaux selon ce que les élèves mobilisent pendant les activités d'apprentissage*

Niveau 4	Niveau 3	Niveau 2	Niveau 1
Schémas procéduraux bien développés et schémas sémiotiques bien développés : $N4 = SP^+ + SS^+$	Schémas procéduraux développés et schémas sémiotiques développés : $N3 = SP + SS$	Schémas procéduraux non développés et schémas sémiotiques non développés : $N2 = SP^- + SS^-$	Aucun Schème procédural et aucun schéma sémiotique : $N1 = \varnothing$ (\varnothing ensemble vide)

RECUEIL ET ANALYSE DES DONNÉES**Résultats par sous-tâche**

Nous avons obtenu pour les quatre enseignants et pour chacune des sous-tâches ST1, ST2, ST3 et ST4 les tableaux suivants, qui présentent le nombre des élèves ayant réussi à répondre à la question posée dans chaque sous-tâche ST

*Sous-tâche ST1***TABLEAU 3***Nombre d'élèves pour la sous tâche ST1 pour chaque enseignant et pour chaque niveau*

ST1	N4	N3	N2	N1
E1	4	15	8	2
E2	8	10	5	7
E3	4	8	7	5
E4	4	12	8	6

Ce tableau relatif à la sous-tâche ST1 montre que l'enseignant (E2) est celui qui a eu le plus grand nombre d'élèves à avoir atteint le niveau N4. Par contre, pour les trois autres enseignants, leurs élèves en sont restés pour la plupart aux niveaux N2 et N3, la majorité étant de niveau N3. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les variables. En effet, X^2 calculé est inférieur à X^2 théorique, pour un $p=0.01$ et $dll=9$. Ceci est dû au type de ST, qui fait appel généralement à la culture technologique, laquelle manque souvent chez les élèves, alors que le niveau des enseignants n'influe pas sur celui des élèves.

*Sous-tâche ST2***TABLEAU 4***Nombre d'élèves pour la sous-tâche ST2, pour chaque enseignant et pour chaque niveau*

ST2	N4	N3	N2	N1
E1	2	11	10	6
E2	1	17	9	3
E3		12	10	2
E4		4	17	9

Ce tableau relatif à la sous-tâche ST2 montre qu'aucun élève des deux enseignants E3 et E4 n'a dépassé le niveau N3, par contre, pour E2 et E1, ils ont respectivement 1 et 2 élèves qui ont atteint le niveau N4 dans leurs réponses. L'enseignant E4 a eu plus d'élèves du niveau N1 et N2 que pour les autres niveaux. Ces résultats montrent qu'il y a une différence statistiquement significative entre les variables niveau des élèves et niveaux des enseignants. En effet, X^2 calculé = 19.549 est supérieur à X^2 théorique = 16.918, pour un $p= 0.05$ et $dll = 9$.

Sous-tâche ST3

TABLEAU 5

Nombre d'élèves pour la sous-tâche ST3 pour chaque enseignant et pour chaque niveau

ST3	N4	N3	N2	N1
E1	0	3	11	15
E2	6	5	10	9
E3	2	6	5	11
E4	5	12	3	10

Ce tableau, relatif à la sous-tâche ST3, laquelle a pour but de trouver le maximum de solutions sous forme de schéma, montre que pour les trois enseignants E1, E2 et E3, la plupart des élèves ayant atteint le niveau N2, seul l'enseignant E4 a un nombre acceptable d'élèves a atteint le niveau N3. Ces résultats montrent qu'il n'y pas de différence statistiquement significative entre les variables niveau des élèves et niveaux des enseignants. En effet, X^2 calculé = 15.181 est supérieur à X^2 théorique = 16.918, pour un $p= 0.05$ et $dll = 9$.

Sous tâche ST4

TABLEAU 6

Nombre d'élèves pour la sous-tâche ST4 pour chaque enseignant et pour chaque niveau

ST4	N4	N3	N2	N1
E1	0	1	12	16
E2	0	6	13	11
E3	1	3	5	15
E4	2	6	14	8

Ce tableau relatif à la sous tâche ST4 montre qu'un grand nombre des élèves sont restés entre les niveaux N1 et N2, or c'est dans cette sous tâche qu'il était demandé de trouver le maximum de solutions. Ceci démontre bien que la plupart des élèves restent attachés aux solutions données par leurs enseignants, qui sont à la fois basiques et classiques. Ces résultats montrent qu'il y a une différence statistiquement significative entre les variables niveau des élèves et niveau des enseignants. En effet, X^2 calculé = 20.242 est supérieur à X^2 théorique = 16.919, pour un $p= 0.05$ et $dll = 9$.

Résultats pour la stratégie globale (ST1+ST2+ST3+ST4)**TABLEAU 7***Nombre d'élèves pour les quatre sous-tâches (ST), pour chaque niveau (N)*

	N4	N3	N2	N1
ST1	20	45	28	20
ST2	3	44	46	20
ST3	12	26	29	35
ST4	3	16	44	40

Ce tableau relatif à la stratégie globale montre qu'un grand nombre d'élèves des quatre enseignants reste concentré entre les niveaux N3 et N4 pour les sous tâches ST1 et ST2 et entre les niveaux N1 et N2 pour les ST3 et ST4. Ceci montre que, pour la recherche d'un plus grand nombre possible de solutions, soit sous forme de schéma, soit par représentation graphique, on en reste aux niveaux N1 et N2. Ces résultats montrent qu'il y a une différence statistiquement significative entre les variables niveau des élèves et sous-tâches. En effet, X^2 calculé = 56,657 est supérieur à X^2 théorique = 16,918, pour un $p= 0.05$ et $dll = 9$. Les niveaux atteints par les élèves sont influencés par le type de sous-tâche qu'ils réalisent, si la sous-tâche demande une mobilisation des schèmes procéduraux et des schémas sémiotiques, les élèves éprouvent des difficultés à les réaliser. Pour la stratégie globale le tableau ci-dessus montre qu'un plus grand nombre d'élèves des quatre enseignants se concentrent entre les niveaux N3 et N4 pour les sous-tâches ST1 et ST2 et entre les niveaux N1 et N2 pour les ST3 et ST4. Ceci montre aussi que, pour la recherche d'un maximum de solutions, soit sous forme de schémas, soit de représentations graphiques, la majorité des élèves en sont restés aux niveaux N1 et N2. Ceci confirme bien notre seconde hypothèse, qui suppose que les enseignants influent sur l'apprentissage de leurs élèves par un guidage qui les amène vers des solutions prédéfinies, limitant ainsi les potentialités d'investigation en vue d'autres solutions possibles.

Ceci affirme, pour chacun des résultats précédents, que la conservation d'un passage par le dessin technique en 2D (avec ses règles et ses normes) par les enseignants de mécanique semble constituer un obstacle à l'apprentissage des élèves de sections Sciences Techniques. Cela renforce notre hypothèse selon laquelle les organismes scolaire traditionnelles mises en œuvre par les enseignants à propos du dessin techniques en 2D induiraient un guidage incitant les élèves à aller vers une solution prédéfinie, limitant ainsi les potentialités d'investigation d'autres solutions possibles.

ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS EN PRÉSENCE DU MODELEUR 3D

Cette expérience relève d'une étude qualitative. La même activité a été proposée à 6 élèves repérés précédemment par leurs enseignants. La même analyse a été reprise avec les mêmes critères pour identifier le niveau de chaque élève. Pendant la réalisation de l'activité, nous avons repérés beaucoup de va-et-vient des élèves entre le poste de travail et le micro-ordinateur équipés du modelleur 3D mis à leur disposition. Il y a eu une forte amélioration dans la recherche de solutions. Quatre parmi les six élèves ont trouvé entre 5 et 6 solutions, ce qui prouve l'atteinte du niveau N4. Seulement deux élèves sont restés entre le niveau N2 et

N3. Lors de l'interview réalisée avec l'un des six élèves, nous lui avons demandé s'il y avait une grande différence dans le nombre de solutions justes présentes dans ses réponses pendant la première et la deuxième réalisation de l'activité. Suite à une série d'entretiens intégralement retranscrits, nous proposons les réponses de trois élèves parmi les trois petits groupes d'élèves qui ont participé à la seconde expérimentation : Ces réponses sont obtenues suite à une grille d'entretien préalablement préparée et qui renferme essentiellement une comparaison en nombre de solutions entre la première la deuxième expérimentation. Ces élèves ont été sélectionnés selon deux critères : le nombre maximum de solutions proposées dans la première expérience (6, 5 ou 4 solutions) et le nombre de solutions correctes retenues par l'élève lui-même après l'exploitation du modèleur 3D (1, 2 ou 3 solutions).

Réponse élève 1 : « *J'ai proposé 5 solutions mais je ne sais pas si elles sont toutes justes ou non* », « *...oui pour la deuxième, j'ai pu représenter des solutions justes en les vérifiant à l'aide du modèleur volumique...* ».

Réponse élève 2 : « *J'ai proposé 6 solutions pour le schéma la première fois et je me suis rendu compte que parmi les 6, il y en avait 2 répétées et 2 fausses...* ».

Réponse élève 3 : « *...4 solutions la première fois* », « *... j'ai rectifié mon travail à l'aide de ce que m'a donné le logiciel et il ne m'en restait que 3...* », « *... avant on dessinait la solution sans qu'on possède un outil de vérification c'est le prof qui passe nous dire que c'est faux ou c'est juste...* ».

CONCLUSION, DISCUSSION ET PERSPECTIVE

En conclusion de notre travail de recherche, nous mettons en évidence l'impact de l'outil informatique en particulier du modèleur 3D sur l'enseignement-apprentissage de la conception en génie mécanique en section Sciences techniques en Tunisie et nous ouvrons sur des perspectives de prolongement. Ce travail a permis l'étude de la tâche proposée par l'enseignant en se basant sur les programmes officiels et les contenus des manuels scolaires puis l'analyse de l'activité des élèves lorsqu'ils sont confrontés à des situations de résolution de problèmes (Ginestier, 2005) de conception dans le cadre de l'enseignement de la technologie au secondaire et plus précisément dans la section Sciences techniques. Notre première étude aboutit à l'identification des niveaux des enseignants vis-à-vis des mêmes activités proposées à leurs élèves. Nous avons, ensuite analysé les productions des élèves pour quatre activités qui leur ont été proposées en vue de chercher une ou plusieurs solution(s) constructive(s) relative(s) au mécanisme d'un système ou d'un sous-système ou d'un objet technique. A partir des résultats obtenus, nous nous sommes centrés sur le rôle du modèleur volumique dans la recherche de solutions technologique et leurs représentations graphiques. Les conclusions de ce travail porte sur le fait qu'il est important de penser à l'intégration du modèleur 3D dans toutes les activités de recherche et de représentation de solutions technologique pour favoriser le processus de recherche de solutions. Précisément, il s'agit de trouver davantage que la solution qui est souvent proposée, soit par l'enseignant, soit au sein des manuels scolaires.

Nos résultats confirment notre hypothèse selon laquelle des organisations scolaires fondées sur l'utilisation des modèleurs 3D et construites autour de problèmes ouverts conduiraient les élèves à investiguer plusieurs solutions possibles face à un même problème de conception mécanique. À ce titre, le modèleur volumique s'impose dans le processus de l'enseignement-apprentissage dans la conception des objets techniques, des sous-systèmes ou systèmes techniques. L'utilisation de l'outil modèleur 3D pour la représentation des objets en trois dimensions donne à l'élève une capacité d'élaboration de plusieurs solutions nouvelles et variées. L'élève se trouve dans une situation d'autoévaluation, sans faire appel à son

enseignant qui paraît souvent le seul à même d'évaluer le travail de son élève et qui en outre, le guide à la solution qu'il a supposée juste, limitant ainsi son investigation et donc sa créativité. Contrairement à ce que l'on croit souvent, à savoir que les enseignants sont des experts pour réaliser une activité proposée dans les manuels scolaires, il apparaît que ce n'est pas toujours le cas : il y en a parmi eux qui se limitent à des solutions dites classiques et basiques. Ceci pourrait induire une limitation dans le nombre de solutions d'un problème technologique de génie mécanique. La créativité et le nombre de solutions à un problème posé en génie mécanique reposent sur l'exploitation du modèleur 3D, qui fait passer l'objet conçu par les élèves d'un simple outil à un instrument (Rabardel, 1995), et qui donne à l'élève une autonomie pendant son apprentissage et pendant l'évaluation de sa production. Les résultats semblent encourageants tant pour la recherche que pour l'évolution de la discipline. Il conviendrait, par exemple, de vérifier le degré d'engagement des enseignants concernés en faveur de ce nouvel instrument d'apprentissage. L'on pourrait également investiguer du côté des entreprises et voir quelles sont les compétences demandées sur le marché de l'emploi dans ce domaine. L'enseignement ne peut mener à l'emploi, à la dignité et à la confiance que lorsqu'il existe une synergie de fait entre l'école et l'industrie. Il ne peut donc être que bénéfique de voir tous les acteurs du milieu scolaire s'y engager : il y va, en somme, de l'intérêt de tous. Cela vaut donc la peine de vérifier si les enseignants s'engagent réellement à favoriser l'exploitation de cet outil en son nouveau statut et à le lier davantage à l'industrie où à l'investigation, de manière à développer la créativité et l'optimisation des solutions technologiques.

RÉFÉRENCES

- Arsac, G., & Mante, M. (2007). *Les pratiques du problème ouvert*. Lyon: CRDP Académie de Lyon.
- Bascoul, C. (2007). *L'esquisse virtuelle en conception mécanique*. Thèse de doctorat en génie mécanique, IFMA, Clermont-Ferrand, France.
- Fassina, A., & Petit, R. (1968). Les erreurs de lecture en dessin industriel. *Bulletin du CERP*, 18(1), 1-11.
- Ginestié, J. (1998). L'objet, l'homme et l'enfant, Quelques éléments pour une éducation technologique. *Clés à venir*, 16, Nancy: CRDP Nancy-Metz.
- Ginestié, J. (2005). Résolution de problèmes en éducation technologique. *Éducation Technologique*, 28, 23-34.
- Ginestié, J. (2009a). *Mode d'organisation sociale des connaissances scolaires et processus d'enseignement apprentissage en éducation technologique*. Paper presented at the Congrès de la recherche en didactique des disciplines scientifiques et techniques, Tunis, Tunisie.
- Ginestié, J. (2009b). *Des références pour les savoirs aux savoirs de référence*. Paper presented at the *International science and technology education conference: what is new in EXAO?* Kaslik, Liban.
- Jarray, A. (2009). *L'apport de l'utilisation du simulateur lors de la représentation graphique d'un guidage en rotation par des roulements à billes*. Mastère de recherche, ISEFC, Université Virtuelle de Tunis, Tunisie.
- Mellet-D'Huart, D. (2004). *De l'intention à l'attention. Contributions à une démarche de conception d'environnements virtuels pour apprendre à partir d'un modèle de l'(én) action*. Thèse de doctorat, université du Maine, Le Mans, France.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.

Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitive*. Paris: PUF.

Vérillon, P., & Rabardel, P. (1995) Cognition and Artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10(1), 77-101

Impact de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant en classe : Cas de la résonance d'intensité

SAIDA SADDUKI¹, JEAN-MARIE BOILEVIN², ALAIN JAMEAU²

¹EA 3875 CREAD
Université de Bretagne Occidentale
France
& Université de Tunis
Tunisie
sidasaddouki@yahoo.fr

²EA 3875 CREAD
Université de Bretagne Occidentale
France
jean-marie.boilevin@espe-bretagne.fr
alain.jameau@espe-bretagne.fr

RÉSUMÉ

Nous proposons, dans cet article, d'étudier la mise en œuvre d'une démarche d'investigation dans une séance de travaux pratiques sur le concept de résonance d'intensité en physique en classe de terminale scientifique en observant l'impact de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant. Nous exposons le cadre théorique de l'étude puis la méthodologie utilisée. Nous présentons ensuite les résultats préliminaires, considérés donc comme provisoires, de cette recherche en cours. Au moyen de la démarche d'investigation et lors de sa pratique en classe l'enseignant trouve des difficultés dans le déroulement de sa séance d'enseignement. Enseigner par situation-problème semble nécessiter des compétences spécifiques chez le formateur, sans lesquelles une influence négative pourrait s'observer dans l'apprentissage.

MOTS-CLÉS

Méthode d'investigation, théorie d'activité, didactique professionnelle, pratique enseignante, résonance d'intensité, contrat didactique

ABSTRACT

In this article we examine the implementation of inquiry based science teaching in practical work on the concept of intensity resonance for fourth graders in Tunisia. Specifically, we consider the impact of a problem-solving situation on teacher's practice in the class. First, we present the theoretical framework that is within the teaching of science and methodology that we have developed. We then present the preliminary outcomes of this research that we consider intermediate within an ongoing research project. Using inquiry based science teaching in its practice in class was found difficult by the teacher throughout the different moments of the teaching session. The problem-solving situation triggering a cause among others that can negatively influence the implementation of the inquiry process.

KEYWORDS

Inquiry based science teaching, activity theory, professional didactics, teaching practice, intensity resonance, didactic contract

INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, les pays développés s'intéressent à la question de l'enseignement scientifique et technologique qui est devenue une préoccupation commune. Celle-ci concerne souvent le phénomène de désaffection par les étudiants des disciplines scientifiques et technologiques. Nous nous intéressons à une cause qui peut être liée à l'enseignement en général, et à l'activité de l'enseignant particulièrement. Les chercheurs proposent de développer l'autonomie des élèves en s'appuyant sur des activités cognitivement plus pertinentes et des tâches plus ouvertes de type "hands-on" ou de type investigation scientifique. Selon les travaux de Boilevin (2013), dans le cadre théorique socioconstructiviste, on passe d'activités fondées sur des démarches ordinaires stéréotypées à des démarches pédagogiques centrées sur des investigations ouvertes (questions, hypothèses, expériences, validations des hypothèses, ...).

La démarche d'investigation est une démarche pédagogique, parmi d'autres, qui a pris naissance à la suite d'une évolution de l'enseignement scientifique et technologique. Elle est considérée comme une méthode d'enseignement privilégiée en France (MEN, 2005, p. 6). Nous cherchons dans cet article à étudier la mise en œuvre d'une démarche d'investigation, dans une séance de travaux pratiques, consacrée au concept de résonance d'intensité en physique en classe de terminale scientifique tunisienne. Plus précisément, nous étudions l'effet d'une situation-problème sur la pratique de l'enseignant en classe.

PROBLÉMATIQUE***Contexte tunisien***

Les programmes officiels et les curriculums tunisiens mettent l'accent sur la nécessité d'une action pédagogique qui doit assurer la motivation des élèves. Ces programmes prennent en considération la place des situations stimulantes, les conditions psychologiques et matérielles favorables. Ils insistent sur la mise en œuvre d'une démarche de présentation progressive des éléments nécessaires à la construction des concepts. Cette démarche pédagogique devrait favoriser la motivation des élèves « *en présentant le chapitre ou la leçon sous forme d'une problématique à résoudre et dont la recherche de la solution permettra d'atteindre les objectifs visés...* » (Programme officiel de sciences de la vie et de la terre, 2009). Le programme tunisien laisse l'initiative à l'enseignant de choisir une démarche qu'il considère adéquate pour sa pratique en classe, l'essentiel étant qu'elle soit active. Mais comment peut-on définir la démarche active ?

L'analyse du programme officiel des sciences physiques de troisième et quatrième année montre que l'enseignant « *de physique-chimie ne doit pas hésiter à leur accorder (aux élèves âgées de 16 et 17 ans) l'initiative et en les impliquant régulièrement dans des activités d'investigation* » (Programme officiel des sciences physiques, 2009). Nous remarquons que le programme évoque des activités d'investigation et non pas des démarches d'investigation.

En plus, ce programme propose une liste de questionnements et d'activités qui peuvent être exploités en classe comme les exemples de stimuli ou de supports didactiques au service des objectifs visés. Ainsi l'élève essaie de répondre aux questions préalablement préparées par son professeur sans avoir l'occasion de se questionner.

Nous remarquons une vision assez floue de ces programmes vis-à-vis de la démarche d'investigation. Étant donné que celle-ci est une démarche pédagogique active, sa mise en œuvre en classe de terminale tunisienne peut-elle avoir un apport encourageant pour l'enseignement du concept de résonance d'intensité ? Quel est l'effet du choix et de la façon de conduire une séance basée sur une situation-problème sur la pratique de l'enseignant lors de l'enseignement de ce concept ?

Revue de littérature

Dans le cadre des pratiques pédagogiques recommandées pour l'enseignement des sciences, la méthode d'investigation est une vision renouvelée de la pédagogie imposée dans des nombreux pays (Charpak, Léna & Quéré, 2005). D'après les travaux de recherche en didactique des sciences, cette démarche est fondée sur le cadre socioconstructiviste, où les savoirs scientifiques ne sont pas considérés comme des faits mais fondés en raisons (Fabre, 1999).

Les recherches en didactique des sciences expérimentales portant sur les interactions maître-élèves ont évolué suivant deux axes (Weil-Barais & Dumas-Carré, 1998 ; Morge, 2007). Le premier a pour but de déterminer la nature et la fonction des interactions maître-élèves, en classe de sciences, dans un cadre descriptif et explicatif. Le second cherche à développer des dispositifs de formation aux interactions et à évaluer l'impact sur les pratiques enseignantes. En s'appuyant sur les précédentes recherches, on peut dire que l'élève construit son apprentissage en interagissant avec un environnement donné.

Selon les travaux de Mathé, Meheut et de Hosson (2008), la démarche d'investigation telle qu'elle figure dans les programmes français se présente comme une approche hypothético-déductive d'une démarche expérimentale fondée sur l'activité de l'élève, en passant par les hypothèses, l'expérience et la validation des hypothèses. Ceci pourrait encourager l'enseignant à proposer des tâches plus ouvertes et des activités de plus haut niveau cognitif (Boilevin & Brandt-Pomares, 2011).

Dans notre recherche, nous analysons l'articulation des activités de l'enseignant et de l'élève et nous essayons d'étudier l'effet de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant. Pour cela, nous présentons une double approche articulant la théorie de l'activité et la didactique professionnelle. Nous nous appuyons sur un modèle de double régulation de l'activité (Leplat, 1997). Nous considérons donc l'enseignant comme un déterminant de l'activité de l'élève et réversiblement, l'élève comme un déterminant de celle de l'enseignant.

L'appropriation de la situation-problème de la part de l'élève favorise l'émergence de questions productrices, d'un débat et souvent de conflit cognitif élève/élève et enseignant/élève. Il s'agit d'une mise en articulation entre les réponses et les activités des élèves, où l'enseignant peut jouer ainsi le rôle d'un négociateur. Pour rendre sa pratique plus pertinente, l'enseignant utilise des arguments d'autorité ou bien mobilise des connaissances dont il est l'unique détenteur (Morge, 2007).

Les travaux de Boilevin (2013) sur l'ESFI (l'enseignement scientifique fondé sur l'investigation) lui permettent de constater que le développement de ce type d'enseignement provoque de nombreuses modifications aussi bien dans les activités en classe que dans la relation didactique. Il s'avère donc difficile d'étudier la démarche d'investigation à la fois comme objet et comme moyen d'enseignement.

De son côté, Jameau (2012) montre que le choix d'utiliser la démarche d'investigation (DI) est jugé pertinent si la situation-problème correspond aux critères énoncés par l'enseignant et si les tâches des élèves sont des recherches de types hypothèses explicatives ou des conjectures ou bien encore des élaborations de dispositifs permettant de répondre à la question dite « productive » posée en lien avec le problème scientifique initial. Cet auteur pense que le bon choix de la situation-problème amène sans doute à la réussite de la mise en

œuvre de la DI en classe. Il a constaté que les enseignants construisent une situation-problème dans le but de mettre les élèves en situation de dire des erreurs. De plus, la situation-problème doit être concrète et proche du quotidien des élèves (Ibid.). Parmi les résultats tirés des travaux de Jameau figurent également un manque de liaison entre la situation-problème généralement mise en œuvre à la première séance de classe et les investigations menées plus tard dans la séquence.

La situation-problème pourrait être un élément actif dans la mise en œuvre de la DI en classe. Lorsque les enseignants décident qu'un sujet sera abordé, en recourant à la DI, ils savent qu'ils vont devoir créer et mettre en œuvre des situations plus ouvertes qu'à l'accoutumée, dans lesquelles les élèves ont une plus grande autonomie pour participer activement à l'élaboration des savoirs (Boilevin & Brandt-Pomares, 2011).

Cadre théorique

Dans la théorie de l'activité, les modes d'action de l'enseignant en classe sont étudiés en articulant deux points de vue : une perspective cognitive liée à l'organisation des tâches prescrites à l'élève (un « itinéraire cognitif ») et au découlement des apprentissages et une perspective « médiative » s'intéressant à l'action directe de l'enseignant sur l'activité de l'élève, en s'appuyant sur l'étude des interventions langagières (Chappet-Pariès, Robert & Rogalski, 2008). Nous considérons que notre recherche s'inscrit dans un cadre qui articule la mise en œuvre de la démarche d'investigation et des pratiques enseignantes à propos des activités des élèves en classe.

Dans notre travail de recherche, nous essaierons d'étudier la manière dont l'enseignant interagit avec ses élèves et articule une tâche à une autre pour transmettre le savoir en jeu tout en s'appuyant sur les concepts clés suivants :

- Le contrat didactique qui se réalise au sein d'une situation didactique, où l'enseignant interagit avec ses élèves en leur expliquant ce qu'il attend d'eux sans donner le cheminement pour atteindre les objectifs envisagés pour cette situation (Brousseau, 1998). L'étude du contrat didactique se fonde sur les comportements aussi bien de l'enseignant que des élèves et sur leurs rapports avec le savoir en jeu.
- Le milieu qui représente l'environnement dans lesquels les trois pôles du contrat didactique (le professeur, l'élève et le savoir) interagissent ensemble dans une situation d'enseignement- apprentissage (Sensevy & Mercier, 2007). Il est caractérisé par ses dimensions matérielles et symboliques et il représente un champ de modélisation des interactions élève-savoir, professeur-savoir et professeur-élève auquel nous nous intéressons dans notre recherche.

En classe, les élèves entrent a priori en interaction avec les objets du milieu en présence d'un contrat didactique implicite. Alors, dans le cadre des pratiques professorales, il est demandé à l'enseignant de créer des conditions dans ce milieu et de suivre des techniques (Sigaut, 2003) pertinentes afin de faciliter l'acquisition des connaissances par les élèves.

Les travaux de Sensevy et Mercier (2007) montrent qu'il existe une relation dialectique contrat-milieu nécessaire dans toute situation didactique où les élèves et le professeur agissent ensemble, dans un certain milieu et sous un certain contrat. C'est grâce à cette relation que le professeur trouve un équilibre didactique entre la méthode d'acquisition utilisée et le savoir en jeu à transmettre

Dans l'approche constructiviste, l'élève construit lui-même son savoir en classe et cette construction ne sera bien faite qu'en présence de deux principaux éléments : l'action du professeur et ses interactions avec les élèves.

En classe, l'enseignant tunisien suit une méthode ordinaire, à la limite hypothético-déductive, réalisée dans le cadre d'un programme qui n'impose pas de méthode particulière, l'essentiel étant qu'elle soit active. Nous nous demandons alors quel est l'impact de la

situation-problème sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation en classe de terminale tunisienne dans une séance d'enseignement du concept de résonance d'intensité électrique. De quelles conditions faut-il tenir compte, lors de la construction et de la conduite en classe de la situation-problème, pour que l'élève s'approprie la tâche et s'investisse sans difficulté dans une séance d'enseignement de la notion de résonance d'intensité électrique ?

MÉTHODOLOGIE

Le présent article vise à étudier les pratiques enseignantes dans un contexte précis : celui de l'impact de la situation-problème sur l'efficacité des enseignements-apprentissages en classe.

Méthodologie générale

Notre projet global est de présenter une étude de cas centrée sur l'observation des pratiques de deux enseignants tunisiens expérimentés et volontaires. Ces deux enseignants sont tout d'abord observés dans la préparation d'un scénario pédagogique fondé sur la démarche d'investigation, conjointement avec le chercheur, puis pendant une séance de travaux pratiques dont l'objectif est l'étude expérimentale du phénomène de résonance d'intensité. En électricité, il y a résonance lorsqu'on excite un oscillateur électrique par un générateur à basse fréquence dont la fréquence excitatrice est égale à la fréquence propre de l'oscillateur. Ceci entraîne des oscillations avec une amplitude maximale. Dans ce cas, l'intensité du courant électrique prend une valeur maximale.

Dans notre recherche, nous développons une méthodologie permettant de suivre les enseignants en classe dans une séance de travaux pratiques. Cette méthodologie est fondée sur des outils de recueil de données dont le corpus comporte des enregistrements audio et vidéo de la séance de travaux pratiques, des entretiens avec les deux enseignants, ainsi que des données issues d'un questionnaire de présentation personnelle et d'un journal de bord (Gueudet & Trouche, 2009) renseigné par les deux enseignants sur toute la durée de l'étude. La première séance, réalisée par chaque enseignant, est filmée. Le questionnaire est distribué lors de la présentation du dispositif au début des deux entretiens. Dans ces derniers, les deux enseignants font une auto-analyse de leur action, notamment sur la démarche d'investigation, en fonction de ce que leur a expliqué le chercheur, à partir des enregistrements vidéo des séances de travaux pratiques. Il s'agit d'une approche voisine de l'auto-confrontation simple et croisée (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2001).

Notre analyse contient deux étapes. Dans la première étape, nous réalisons un synopsis (Sensevy & Mercier, 2007) de la pratique de chaque enseignant en classe à partir d'une analyse de la vidéo. Ensuite, nous précisons les événements remarquables qui sont identifiés au moment des prises de décision du professeur dans l'action. Puis nous présentons à chacun des deux enseignants les vidéos de classe de leur propre pratique avec les synopsis épurés des séances. Dans le but d'arriver à réaliser l'entretien en auto-analyse simple, nous demandons aux deux enseignants de relever chaque situation qu'ils souhaiteraient discuter l'un avec l'autre, tout en notant tous les imprévus survenus en classe. À la fin de cet entretien simple, nous notons la liste des incidents critiques à discuter au cours de l'entretien croisé durant lequel chaque enseignant réalise une analyse et note les points à discuter avec son binôme.

Concernant la deuxième étape, nous réalisons les transcriptions des situations discutées auparavant au cours des entretiens. Elles s'appuient sur les incidents critiques qui ont été définis précédemment. L'analyse des données se fait sous l'angle de la didactique professionnelle (Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006). L'humain est défini par rapport à son activité avec les objets et les acteurs de son environnement. L'analyse de la pratique de l'enseignant s'appuie sur la tâche (ce qui est à faire), la situation (ensemble de conditions qui

déterminent la réalisation de la tâche) et l'activité (ce qui est effectivement mis en œuvre pour réaliser une tâche dans une situation donnée).

Restrictions pour notre étude préliminaire

Pour notre part, dans cette étude introductive préliminaire, nous nous limitons à l'observation d'un seul professeur en classe. Dans ce cas, nous nous limitons à l'utilisation de l'auto-confrontation simple. La méthodologie suivie consiste essentiellement en une analyse du contenu (Neuendorf, 2002) de deux corpus différents comprenant :

- La préparation au préalable du scénario pédagogique fondé sur la démarche d'investigation ;
- La pratique de l'enseignant lors de l'enseignement du concept de résonance d'intensité en classe de terminale.

Du point de vue de la dialectique contrat-milieu, la séance de TP sur la résonance d'intensité peut être sectionnée en deux parties. Au cours de la première partie, l'enseignant s'engage dans l'avancement du savoir à enseigner (résonance d'intensité) en faisant une introduction à la séance, suivie d'un rappel du cours précédent portant sur les notions de fréquence propre N_0 , de déphasage $\Delta\phi$ et de trois types de circuit RLC série (capacitif, résistif et inductif) en régime sinusoïdal forcé. Dans la deuxième partie, les élèves s'engagent dans l'avancement du savoir sous le guidage de l'enseignant.

Pour étudier l'impact de la situation-problème sur la mise en œuvre de la DI en classe, nous nous appuyons sur le synopsis d'une séance de TP. L'objectif est de faire construire aux élèves la notion de résonance d'intensité électrique dans un circuit RLC série en régime sinusoïdal. Cette construction du savoir s'appuie sur les étapes classiques du scénario d'une situation-problème, sa présentation aux élèves, la proposition du matériel, la formulation des hypothèses, l'élaboration du protocole expérimental, l'expérimentation et l'institutionnalisation. Cette dernière phase est aussi celle de l'acquisition et la structuration des connaissances : les élèves valident (ou non) leurs hypothèses dans un débat organisé par l'enseignant.

PREMIERS RÉSULTATS

Au début de la séance, l'enseignant pose des questions désordonnées, dans le cadre d'un rappel sur les concepts liés au thème de l'oscillateur électrique forcé RLC série. Ces questions s'avèrent parfois mal choisies comme la question « *Quel est le rôle de la fréquence propre ?* » Les élèves ne peuvent pas répondre à cette question car ils ignorent le lien entre le concept de la fréquence propre (dont ils connaissent la formule) et le phénomène de résonance du son dans la vie courante. La présentation de la situation-problème reste à améliorer, car l'enseignant pose la même question plusieurs fois : « *est-ce que nous sommes dans le cas d'un oscillateur forcé ?* » tout en revenant au fonctionnement d'un récepteur radio. Mais un silence apparaît de nouveau dans la classe puisque les élèves éprouvent des difficultés à relier la situation-problème et le thème de l'oscillateur RLC forcé. L'enseignant se trouve devant un obstacle dans sa pratique qui risque de conduire à la rupture du contrat didactique. L'enseignant entre finalement en interaction avec quelques élèves alors que les autres ne sont pas intéressés. Malgré cette impasse, l'enseignant cherche, par le questionnement, à faire le lien entre la situation-problème et l'objet d'étude.

L'enseignant passe alternativement de la phase de la présentation de la situation-problème à la phase de questionnement. Les élèves trouvent des difficultés à proposer un schéma de montage adéquat et à formuler des hypothèses. Pour les aider, l'enseignant demande la réponse à la question suivante : « *quelle(s) grandeur(s) physique(s) doit-on faire*

varier pour obtenir le phénomène de résonance d'intensité ? » Il s'agit de proposer un protocole expérimental.

Dans la suite de la séance de classe, la formulation des hypothèses se fait d'une façon discontinue car les élèves ignorent la notion d'hypothèse et même sa formulation dans ce contexte ; ils ne sont pas familiers de la DI. L'enseignant se trouve de nouveau face à un obstacle d'enseignement et il est obligé d'expliquer la signification de la notion d'hypothèse. Le contrat didactique subit une rupture encore une fois. L'enseignant demande aux élèves de revenir à la situation-problème en l'expliquant davantage afin de formuler leurs hypothèses. Nous remarquons que ces allers et retours sont faits même dans la phase d'élaboration du protocole expérimental.

Dans la dernière phase (résolution de la situation-problème), l'enseignant ne laisse pas l'occasion à ses élèves de proposer une solution validée par l'expérience.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'enseignant, qui participe à l'étude de cas n'a pas reçu une formation sur la démarche d'investigation durant sa carrière d'enseignement. Suite à une séance de formation que le chercheur lui a assuré sur la démarche d'investigation, l'enseignant a accepté de la tester dans son cours.

Nos résultats préliminaires, qui doivent être pris avec prudence, incitent à conclure que l'impact de la situation-problème est fondamental. Nous remarquons que la mauvaise présentation de la situation-problème aux élèves (les questions posées aux élèves sont désordonnées et mal choisies) influe négativement sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation en classe. En plus, les difficultés rencontrées par les élèves lors de présentation des hypothèses provoquent une grande impasse pour le déroulement de la démarche d'investigation. Ces difficultés sont dues au manque de précision de la part de l'enseignant lors de formulation des hypothèses et au manque d'habitude des élèves, qui n'ont pas compris davantage la situation-problème, à ce type d'activité.

La situation-problème devrait être claire et liée directement à l'objet d'étude. Ainsi un choix pertinent pourrait rendre l'élève plus autonome, plus motivé pour reformuler les hypothèses explicatives en questions productives et augmenter l'appropriation de cette situation. Du côté de l'enseignant, le bon choix de la situation-problème devrait faciliter sa pratique en classe, sans difficultés rencontrées et sans rupture de contrat didactique. Dans ce cas, la mise en œuvre de la DI en classe pourrait être une source de motivation et un apport encourageant pour l'enseignement.

Notre étude montre qu'il y a un manque de clarté dans la construction et la mise en œuvre de la situation-problème. Ce qui conduit notamment les élèves à mal formuler les hypothèses explicatives, l'enseignant « parachute » des questions sans faire le lien avec la situation-problème. Dans le but d'éviter la rupture de contrat didactique et garantir la mise en œuvre de la DI, l'enseignant impose des questions productrices qui donnent lieu à des investigations. Ce qui favorise la réduction de l'autonomie des élèves.

Le milieu proposé par l'enseignant ne fait pas sens aux élèves car ils n'ont pas les connaissances suffisantes pour s'approprier le problème de physique proposé par l'enseignant.

Nous pensons qu'il y a une réduction de l'autonomie des élèves. L'enseignant ne semble pas favorable à une mise en œuvre de la DI dans la totalité. Nous remarquons le guidage très serré, à la limite du discours à trous (Venturini, Calmettes, Amade-Escot & Terrisse, 2007) caractéristique d'une interaction de type tutelle (Weil-Barais & Dumas-Carré,

1998), qui rend la mise en œuvre de la DI en classe très contrôlée. Dans ce cas, la DI est « paralysée ».

En préparant le scénario pédagogique fondé sur la DI, l'enseignant devrait choisir une situation-problème qui ne peut être résolue sans recours au savoir visé. « *Les enseignants doivent faire des choix pertinents en pensant notamment aux contenus des situations didactiques* » affirme Brousseau (1998).

Notre étude de la mise en œuvre d'une DI en situation de classe, nous permet de conclure qu'il n'est pas facile d'utiliser cette démarche en l'absence de formation de l'enseignant et de maîtrise du sujet d'étude par les apprenants. Ces observations nous ouvrent des possibilités pour des investigations futures quant à la prise en compte de ces facteurs.

RÉFÉRENCES

Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. Bruxelles: De Boeck.

Boilevin, J.-M., & Brandt-Pomares, P. (2011). Démarches d'investigation en sciences et en technologie au collège : les conditions d'évolution des pratiques. Dans M. Grangeat (Dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 51-62). Lyon : ENS de Lyon.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.

Chappet-Pariès, M., Robert, A., & Rogalski, J. (2008). Que font des élèves de troisième et de quatrième avec un même enseignant dans une séance de géométrie ? In F. Vandebrouck, *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 95-138). Toulouse: Octarès.

Charpak, J., Léna, P., & Quéré, Y. (2005). *L'enfant et la science : l'aventure de la main à la pâte*. Paris: Odile Jacob.

Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2001). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Education Permanente*, 146(1), 17-25.

Fabre, M. (1999). *Situation problème et savoirs scolaires*. Paris : PUF.

Gueudet, G., & Trouche, L., (2009). Conception et usages de ressources pour et par les professeurs : Développement associatif et développement professionnel, *Dossier de l'Ingénierie Educatif*, 65, 78-82.

Jameau, A. (2012). *Démarches d'investigation en sciences au collège et connaissances professionnelles des enseignants : une étude de cas en physique-chimie*. Actes du colloque international « Formes d'éducation et processus d'émancipation (Symposium Pratiques enseignantes et démarches d'investigation en sciences) », Université Rennes 2 et Institut Français de l'éducation, ENS, Lyon, Rennes.

Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris: PUF.

Mathé, S., Méheut, M., & de Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, 41-76.

MEN (Ministère de l'éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche) (2005). *Le Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, 5, 6-7.

Morge, L. (2007). Modélisation des séquences d'apprentissage par investigation issues de la recherche en didactique des sciences physiques et chimiques. Dans L. Morge & J.-M. Boilevin (Dir.). *Séquences d'investigation en physique-chimie, Collège, Lycée*. (pp. 26-53). Clermont-Ferrand: CRDP d'Auvergne.

-
- Neuendorf, K. (2002). *The content analysis guidebook*. Thousand Oaks: Sage.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud G. (2006). La didactique professionnelle : note de synthèse. *Revue Française de Pédagogie*, 154, 145-198.
- Programmes officiels de sciences physiques 2^{ème} année et 3^{ème} année de l'enseignement secondaire (2009). *République Tunisienne Ministère de l'éducation et de la formation*.
- Programme officiel de sciences de la vie et de la terre (2009). *République Tunisienne Ministère de l'éducation et de la formation*.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble. Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires.
- Sigaut, F. (2003). La formule de Mauss. *Techniques et Culture*, 40, 153-158.
- Venturini P., Calmettes, B., Amade-Escot C., & Terrisse A. (2007). Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée. *Aster*, 45, 211-234.
- Weil-Barais, A., & Dumas-Carré, A. (1998). Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation ?, Dans A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Dir.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. (pp. 1-15). Berne: Peter Lang.

La place du constructivisme dans des scénarios pédagogiques numériques de la plateforme AESOP en Grèce

GOMATOS LEONIDAS¹, HELENE DIMOU², VASSILIOS PARISSIS³

¹École Supérieure d'Enseignement
Pédagogique et Technologique
ASPETE, Patras
Grèce
gomatos@otenet.gr

²1er Lycée Professionnel
(EPAL) de Patras
Grèce
elenidimoy@sch.gr

³1er Lycée Professionnel (EPAL)
de Nikaia, Athènes
Grèce
kvp2206@gmail.com

RÉSUMÉ

Cet article vise à rendre compte du programme de numérique éducative effectué en Grèce durant l'année 2015 et de chercher l'impact du constructivisme dans la construction des scénarios numériques pour le secteur de génie mécanique de l'enseignement professionnel. Pour le faire les textes et les structures électroniques mis au point par l'IEP (Institut de Politique Éducative) sont exploités et tous les scénarios mis au point dans la plateforme AESOP (Advanced Electronic Scenarios Operating Platform), au sujet de génie mécanique, sont analysés selon une grille de critères d'enseignement constructiviste mise au point dans ce but. Les résultats principaux indiquent qu'un ensemble d'outils interactifs intéressants ont été mis en place et utilisés, mais le point de vue constructiviste est relativement absent.

MOTS-CLÉS

Numérique éducative, scénarios pédagogiques numériques, AESOP, génie mécanique, constructivisme

ABSTRACT

This paper aims at reporting on the program of digital educational scenarios which was realized in Greece in 2015 and to search the impact of constructivism in digital scenarios of the mechanical engineering sector of vocational education. Texts and electronic productions that have been prepared by the IEP (Institute of Educational Policy) are taken into account and all the scenarios constructed in the framework of the electronic platform AESOP (Advanced Electronic Scenarios Operating Platform) are analyzed. A frame of criteria concerning

constructivist teaching has been put in place and used for the analysis. The principal results indicate that a number of interesting interactive instruments have been used in the scenarios but the constructivist point of view is relatively absent.

KEYWORDS

Digital educational scenarios, AESOP, mechanical engineering, constructivism

INTRODUCTION

Un des objectifs de l'éducation à notre époque est l'incorporation de nouvelles technologies et l'utilisation créative de l'Internet dans le processus éducatif. En particulier, sont visés la gestion électronique, le stockage et la présentation des matériels didactiques offerts aux apprenants avec les médias traditionnels (livres, notes, etc.) sous forme numérique directement accessibles à partir de l'Internet et le développement d'outils de soutien numériques du processus enseignement-apprentissage. Par ailleurs, la recherche en éducation s'intéresse constamment aux moyens plus efficaces d'acquisition/assimilation des connaissances par les élèves. Dans l'accomplissement de ces objectifs, les soi-disant «scénarios pédagogiques numériques» pourraient constituer des aides. De tels scénarios se développent souvent de nos jours, souvent sur des plateformes spécifiquement désignées pour accueillir de telles constructions. Un problème se pose entre autres : quel est le rôle des théories d'apprentissage dans les pratiques des concepteurs de tels scénarios. Est-ce que la scénarisation est imprégnée par les théories contemporaines de l'apprentissage ou suit-elle sa propre dynamique ? Il est évident qu'on ne peut pas imaginer une réponse univoque à une telle question. Dans ce travail, nous allons analyser des scénarios développés sur la plateforme AESOP, une plateforme institutionnelle mise au point dans le cadre d'un programme de numérique éducative réalisé en Grèce en 2015.

CADRE THÉORIQUE

Les scénarios numériques

Un scénario pédagogique est constitué par le plan, la description et le matériel d'un enseignement comportant les objectifs d'enseignement spécifiques, des méthodes d'enseignement et le matériel didactique. Il est mis en œuvre, en règle générale, à travers une série d'activités éducatives. La structure et le flux de chaque activité, les rôles de l'enseignant et des élèves et leur interaction, tous les supports et les matériaux utilisés sont décrits dans le contexte du scénario pédagogique ; ils font partie du scénario. D'après Pernin et Lejeune (2004), cités par Villot-Leclercq (2007, p. 23), «Un scénario se définit comme une description effectuée a priori et a posteriori, du déroulement d'une situation d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation de connaissances, outils, services et résultats associés à la mise en œuvre des activités ».

Certains auteurs distinguent scénario d'apprentissage et scénario d'encadrement. Pour Quintin (2005) un scénario est un ensemble structuré et cohérent constitué de deux parties : a) Le scénario d'apprentissage dont le rôle revient à décrire les activités d'apprentissage qui seront proposées et à définir leur articulation dans le dispositif pédagogique, ainsi que les productions qui sont attendues de la part des apprenants b) Le scénario d'encadrement qui précise le rôle des enseignants et les modalités des interventions destinées à soutenir le scénario d'apprentissage.

Selon ces auteurs, l'existence d'un scénario d'encadrement distinct permet d'attirer l'attention du ou des concepteurs sur l'importance de spécifier les interventions des acteurs en charge du soutien des apprenants dans leur formation.

Un système de gestion de l'apprentissage (Learning Management System-LMS) permet de construire des scénarios numériques. Un LMS est une application web, en cours d'exécution sur un serveur et accessible avec un navigateur Web à partir de tout endroit disposant d'une connexion Internet. Ils donnent aux enseignants des outils pour créer des sites Web de cours en ligne et pour fournir l'accès à du matériel d'apprentissage (Cole & Foster, 2008). D'après De Smet (2015, p. 35) «les LMS trouvent leurs origines vers la fin des années quatre-vingt dix ». Un des traits clés des LMS est constitué par les parcours d'apprentissage (learning paths), qui se décrivent par De Smet et al., (2014, p. 2) comme « La fonctionnalité du LMS pour ordonner un certain nombre d'objets d'apprentissage de manière à ce qu'ils conduisent à une carte routière pour les apprenants ».

Le constructivisme

Le constructivisme est une théorie d'apprentissage importante et attrayante pour les chercheurs en Didactique. L'idée centrale de cette théorie est que l'apprentissage est le résultat de l'interaction entre ce que nous savons déjà et les informations que nous recevons. Les phases de construction des connaissances pendant cet apprentissage ont été décrites par plusieurs auteurs. L'article de Posner et al. (1982) reste classique sur cette question. Cependant, il n'est pas facile de mettre en place, dans la classe, des séquences d'enseignement basées sur cette théorie. Il est évident que ce point de départ théorique attache une grande importance aux connaissances antérieures, les représentations, les conceptions, les modèles de pensée, etc. des étudiants concernant des objets de l'enseignement. C'est pour cela qu'il est proposé (Kassetas, 1996) que la conception d'un cours constructiviste doit être privilégiée lorsqu'on est face à de fortes conceptions qui « résistent ». Les diverses tentatives d'application de la théorie en classe révèlent souvent des conceptions erronées du constructivisme ou ne possèdent pas tous les éléments caractéristiques d'une application fidèle à la théorie. En fait, on pourrait s'y attendre car, comme l'explique Vellas (2008), les théories scientifiques constructivistes ne sont pas des théories de l'enseignement mais des théories du développement et de l'apprentissage. Baviskar, Hartle et Whitney (2009), dans une analyse de cinq publications scientifiques qui présentent des interventions pédagogiques dites constructivistes, trouvent qu'il y a souvent une confusion quant à ce sujet, par exemple une identification de la condition "travail des élèves en groupes" ou encore de la condition "travail des élèves en ordinateur" avec un enseignement constructiviste. Ces mêmes auteurs proposent un modèle d'enseignement constructiviste qui prévoit quatre critères d'un tel enseignement :

1. « Élicitation » des connaissances préalables
2. Création d'une dissonance cognitive
3. Application des nouvelles connaissances avec feedback
4. Rétrospection sur l'apprentissage

Pour le critère 1 on peut imaginer une phase consacrée à faire sortir les idées, les représentations des élèves. Quant au critère 2, la visée est de créer un conflit entre une réalité, une évidence (apportées dans classe par un problème, une situation à étudier) d'une part et les idées des élèves d'autre part.

Le secteur de génie mécanique de l'enseignement professionnel

Le lycée professionnel (LP) grec est structuré sur la base de divers secteurs qui débouchent à de spécialisations professionnelles en dernière année. Le secteur de génie mécanique est traditionnellement un des plus grands secteurs du LP débouchant à des spécialisations tels que « la mécanique automobile », « technicien de refroidissement et de climatisation », « technicien d'installation thermiques » etc. Les matières y enseignées comportent a) de cours théoriques sur de divers outils et mécanismes où les notions de Physique sont employés couramment et b) des exercices d'atelier et de simulations de lieux professionnels où l'objectif est surtout l'acquisition de dextérité et des compétences professionnels du métier.

Les questions de recherche

L'objectif du travail présenté ici est de dépister le rôle du constructivisme dans la mise au point des scénarios pédagogiques numériques. Nous nous centrons sur des scénarios produits dans le cadre du programme numérique éducatif de l'Institut de Politique Educative (IEP) en Grèce, sur la plateforme AESOP construit dans le cadre de ce projet.

Les questions de recherche sont les suivantes :

- Dans quelle mesure le constructivisme, en tant que théorie d'apprentissage, est-il adopté et utilisé dans les scénarios au sujet du génie mécanique mis au point sur la plateforme AESOP ?
- Quels éléments fidèles à une vision constructiviste ont été mis au point par les auteurs ?

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Cadre de mise au point des scénarios

Les scénarios que nous analysons ont été mis au point par des enseignants du secondaire sur la plateforme AESOP. Cette plateforme a été développée dans le cadre d'un programme numérique éducatif coordonné par l'IEP en Grèce pendant les années 2014-15. Le nom est inspiré du célèbre conteur de fables de l'antiquité grecque mais il est aussi utilisé comme acronyme : Advanced Electronic Scenarios Operating Platform (AESOP, 2016). La plateforme a été mise au point vers la fin de 2014 et a accueilli dans les différentes phases de l'œuvre 771 scénarios au total pour l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire général et professionnel. Pendant la première phase, des équipes comportant par discipline un coordinateur, des conseillers pédagogiques, et des enseignants-auteurs de scénarios ont travaillé et développé des scénarios au nombre de 268. Les auteurs de cet article ont été membres d'une telle équipe, celle de génie mécanique de l'enseignement professionnel (comme coordinateur ou comme enseignants-auteurs des scénarios).

Dans la seconde phase de l'œuvre, la plateforme a été ouverte pour la communauté des enseignants du primaire et du secondaire pour développer des scénarios qui ont été évalués en Automne 2015 et 403 d'entre eux ont été retenus pour être affichés ouvertement sur la plateforme. L'évaluation a été réalisée par des enseignants choisis dans ce but après un appel d'offre. Une grille a été utilisée comportant 20 critères classés en 4 catégories (Planification du scénario, Pertinence-documentation, Procédure didactique, Activités d'enseignement prévus). Les évaluateurs donnaient des notes (1 à 5) pour chaque critère. Voici quelques exemples de critères (IEP, 2015a) : *Critère 1* : Le titre du scénario correspond pleinement au sujet traité, *Critère 4* : Le scénario fait valoir les applications interactives et multi médiatiques de la plateforme en tenant compte des objectifs pédagogiques. *Critère 8* : Les objectifs didactiques sont clairement

identifiés et servis par le scénario numérique proposé. *Critère 15* : Le scénario numérique comprend diverses méthodes d'évaluation des élèves.

Finalement cette plateforme est toujours ouverte pour les enseignants du primaire et du secondaire pour mettre au point et utiliser leurs propres scénarios sans qu'aucun autre n'ait accès à leurs produits. Dans le secteur du génie mécanique de l'enseignement professionnel 22 scénarios ont été développés au total (dans toutes les phases du projet). Ces scénarios constituent notre corpus pour essayer de répondre aux questions de recherche.

Outils d'analyse du corpus

Afin de répondre à ces questions, nous avons recensé toutes les activités proposées aux élèves qui peuvent correspondre à une vision constructiviste des apprentissages ainsi que tous les « guides d'action », s'il y en avait, adressés par les auteurs des scénarios aux enseignants. Nous nous sommes basés pour notre analyse sur le modèle d'enseignement constructiviste développé par Baviskar, Hartle et Whitney (2009). D'après ce modèle, nous avons développé une grille d'analyse. Dans cette grille, les quatre critères proposés par Baviskar, Hartle et Whitney (2009) ont été davantage détaillés par une réflexion sur des possibles manifestations de chaque critère. La grille mise au point est la suivante :

1a : Incitation des enseignants pour faire exprimer par les élèves des idées préalables, des conceptions etc.

1b : Analyse des types d'idées qui peuvent émerger

1c : Outils méthodologiques pour la détection des idées des élèves

1d : Proposition des problèmes, questions, œuvres concrètes qui vont probablement faciliter largement l'expression des représentations.

2a : Référence explicite à la dissonance cognitive qui est attendue

2b : Proposition des problèmes, questions, œuvres concrètes qui vont probablement conduire les élèves à une dissonance cognitive

3 : Application des nouvelles connaissances avec feedback

4a : Rétrospection au sujet des idées exprimées initialement et des nouvelles connaissances

4b : Proposition d'une évaluation métacognitive.

Le processus méthodologique sera donc de juger par scénario si les sous-catégories de critères sont présentes, accomplies et d'avoir à la fin une vue d'ensemble de la présence du constructivisme dans ces scénarios. De plus, nous observons les choix didactiques des réalisateurs des scénarios qui semblent révéler une vision constructiviste relativement fidèle à cette théorie d'apprentissage.

RÉSULTATS

De prime abord, nous devons souligner la présence dans la plupart des scénarios d'une multitude d'outils interactifs qui en général créent un milieu numérique de travail agréable pour les utilisateurs :

- dans des phases d'élaboration des nouvelles connaissances : des images et des vidéos interactives avec des points interactifs d'information ou de question

- dans des phases d'évaluation soit formative soit sommative : des questions de type vrai ou faux, des questions à choix multiples, des mot-croisés accueillis dans la plateforme par l'intermédiaire de l'application 'Hot Potatoes', des cartes de mémoire comportant des images, etc.

L'analyse de notre corpus au regard de la première question de recherche a apporté les résultats récapitulés dans le tableau suivant :

TABLEAU 1
Titres des scénarios et grille d'analyse

	Titre du scenario	1a	1b	1c	1d	2a	2b	3	4a	4b
1	Systèmes d'entraînement mécanique-engrenages							×		
2	Calculer la Cylindrée d'un moteur				×			×		×
3	Chaudières							×		
4	Loi de Hooke/diagramme contraintes-déformations.				×			×		
5	Régulation et programmation en chauffage central		×		×			×		
6	Fonctionnement et Sécurité des Chaudières à combustibles solides				×			×		
7	Fonctionnement de base d'un moteur à quatre temps essence (OTTO)				×			×		
8	Paliers-Types de paliers							×		
9	Système de freinage				×			×		
10	La première loi de la thermodynamique pour les systèmes fermés				×		×	×		
11	Gaz d'échappement des véhicules -contrôle- Protection de l'environnement				×			×		
12	Systèmes de diagnostic de véhicules									
13	Simulation des profils aéronautiques et mesures à l'aide du logiciel FoilsimIII							×		
14	Application du cycle de réfrigération à compression dans le frigidaire domestique							×		
15	Cycle de réfrigération à compression de vapeur							×		
16	Mesure de l'usure du cylindre, du piston et du vilebrequin d'un MCI							×		
17	Embrayage à diaphragme							×		
18	Le plancher chauffant				×			×		
19	Moment d'une force-Théorème des moments						×	×		
20	Rivets							×		

21	Tournage mécanique d'un axe	x	x		x		x	x		x
22	Diagramme Enthalpique d'un liquide frigorigène.									

Pour un enseignement constructiviste on s'attendrait à des lignes comportant au moins un x pour chaque catégorie de critères 1, 2, 3 et 4 ce qui s'avère rare par une lecture du tableau. Au contraire on voit dans la plupart des scénarios que les critères d'un enseignement constructiviste sont partiellement remplies ce qui ne révèle pas une vision constructiviste. Chacun des critères est nécessaire mais non suffisante. Dans un nombre important de scénarios un seul x concernant le critère 3 est enregistré. L'application des nouvelles connaissances avec feedback, critère nécessaire pour un enseignement constructiviste selon Baviskar et al. (2009), est une très bonne pratique d'enseignement, qui est employée, comme le montre le tableau 1, indépendamment des méthodes didactiques et de la stratégie de l'enseignement. En général, le recensement ci-haut montre que les critères d'un enseignement constructiviste sont rarement et partiellement remplies.

Des bons choix didactiques des concepteurs

Certains choix caractéristiques d'un enseignement basé sur le constructivisme ont été retenus et sont présentés brièvement par la suite dans une tentative de réponse à la question de recherche 2.

La première concerne le scénario intitulé « Tournage mécanique d'un axe » (scénario 21, 2015). L'auteure déclare dès le début que le scénario va s'appuyer sur le constructivisme et souligne l'importance des idées préalables des élèves (1a). Elle s'adresse aux enseignants, présentant des exemples de représentations des élèves (1b) « les élèves connaissent souvent les parties d'un tour mécanique mais ils représentent mal les opérations effectuées pour l'usinage d'une pièce sur le tour. Ils ont des difficultés à choisir la rapidité de révolutions de l'axe et la vitesse d'avancement de l'outil coupant. Ils ont du mal à construire la notion de la distribution univoque de la masse durant la révolution » « ils ont aussi des difficultés avec la géométrie de l'outil coupant, ne distinguant pas les angles de coupure des surfaces caractéristiques de l'outil ». (Scénario 21, 2015)

Dans la première phase, l'image suivante est proposée, accompagnée d'un ensemble de questions.

FIGURE 1

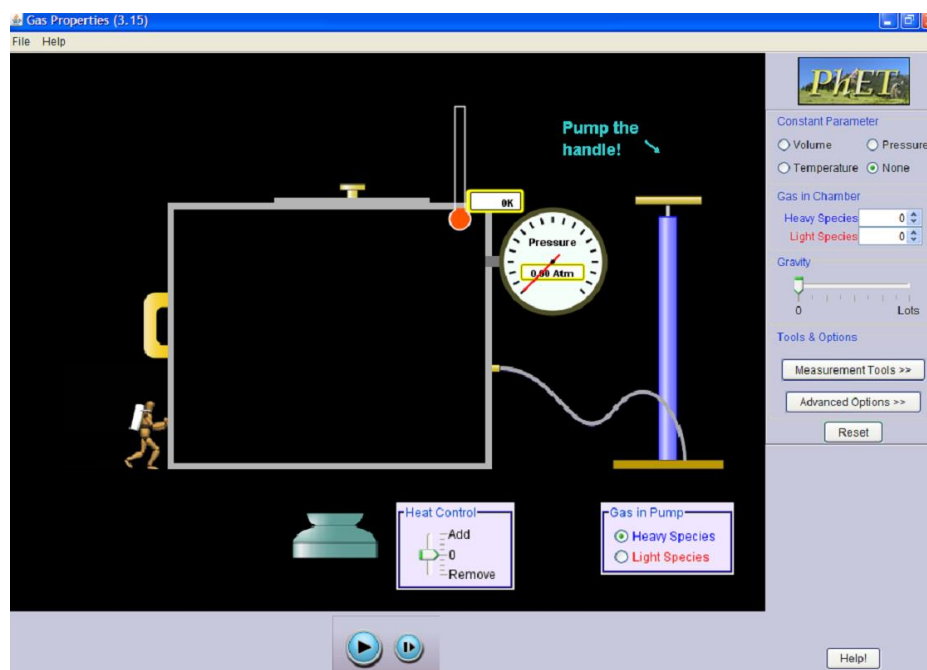


Pièces usinées sur la machine tour

« Regarder cette image. Est-ce que vous vous êtes interrogés sur la façon dont on fabrique de telles pièces ? Vous êtes-vous déjà demandé comment créer un filet mécanique, un arbre à cames ou un trou conique ? Une discussion autour des productions des élèves est suggérée dans le scénario qui se poursuit par des interrogations sur l'élaboration des différentes pièces sur la machine tour. Finalement une évaluation métacognitive est prévue dans la dernière phase du scénario.

Un second choix didactique concerne le Scénario « La première loi de la thermodynamique » (Scénario 10, 2015). Celui-ci comporte l'emploi d'un logiciel éducatif pris de la plateforme « Phet Interactive Simulations » de l'Université de Colorado (Phet, 2016).

FIGURE 2



Page d'accueil du logiciel utilisé dans le scénario 19 (Dérivé de PhET, 2016)

La proposition de travailler avec ce logiciel est donné assez tôt, pendant les premières phases du scénario, avant que les relations entre les grandeurs intervenant soient présentées. Le guidage vise à permettre aux élèves d'expérimenter et de construire la première loi de la thermodynamique au moins à un niveau semi-quantitatif. Un tel emploi du logiciel renvoie à un enseignement constructiviste, encore qu'une rétrospection à la fin serait souhaitable. L'auteur ne s'adresse pas directement aux enseignants. C'est plutôt la place du logiciel dans le déroulement envisagé de la séquence d'enseignement et le guidage des élèves qui renvoie à une vision constructiviste.

À noter qu'un autre logiciel dérivé de Phet a été utilisé au Scénario 19 (2015) concernant le moment d'une force. C'est un logiciel très utile qui enrichit ce scénario mais il est proposé dans la phase d'application après que les notions intervenants, les relations entre elles et le théorème des moments des forces ont été présentés dans des phases antérieures de ce scénario.

DISCUSSION - CONCLUSION

Comme indiqué par le tableau 1, la présence du constructivisme est faible. D'abord, il faut préciser que cette quasi-absence concerne les scénarios eux-mêmes, leur conception et leur mise au point et non pas les déroulements d'enseignements possibles en classe à l'aide des scénarios. Ceux-là peuvent varier selon le type d'utilisation mis en place par les enseignants, leur propre méthode d'enseignement et le type de matériel didactique qu'ils vont éventuellement utiliser dans la classe.

Il y a des raisons pour lesquelles on pourrait s'attendre à une plus forte présence du constructivisme dans les scénarios numériques analysés. D'abord, il y a plusieurs thèmes dans le génie mécanique qui semblent convenables pour être abordés par une scénarisation constructiviste puisqu'il y a des conceptions initiales fortes des apprenants envers les différents objets d'enseignement. Pour la majorité des notions de physique intervenant en génie mécanique (les notions de mécanique, d'électrocinétique, de thermodynamique etc.) les élèves ont des conceptions initiales très fortes. Par ailleurs, des conceptions robustes existent aussi vis-à-vis des divers mécanismes, de leur fonctionnement et de leur structure ainsi qu'au regard des relations science-technologie (Gil-Perez et al., 2005; Gomas, 2012). Deuxièmement, il serait injuste de considérer que les enseignants qui ont créé des scénarios sont dépourvus de connaissances théoriques. Ils ont tous suivi une formation pour devenir professeurs et ils ont suivi également des programmes de formation continue. Spécifiquement, ceux qui ont participé à la première phase - et qui ont créé 15 des 22 scénarios - ont été sélectionnés parmi beaucoup de candidats pour participer à l'élaboration du dispositif et beaucoup d'entre eux avaient fait plus d'études supérieures ou des formations importantes. En plus, les auteurs de scénarios ont été encouragés à créer des scénarios d'un point de vue privilégiant le constructivisme. En effet, bien qu'il n'y avait pas de lignes directrices très fortes sur les théories d'apprentissage à faire valoir (en respectant l'imagination, l'expérience et le talent artistique des enseignants), la mise au point de scénarios suivant le constructivisme a été suggérée par les textes et les guidages produits durant le projet (IEP, 2015b).

Quelques hypothèses explicatives pour la faible présence du point de vue constructiviste seraient les suivantes :

Le contenu même des formations des enseignants, notamment des auteurs de scénarios : La mise au point et l'application en classe des séquences d'enseignement suivant une théorie d'apprentissage telle que le constructivisme n'avait pas fait probablement partie de leur formations et de leurs études. La pratique qui manque est probablement l'accompagnement des stagiaires (Boilevin & Dumas-Carré, 2001) afin qu'ils mettent en œuvre des activités nouvelles. Néanmoins, il reste à chercher les programmes de telles formations et études pour tester cette hypothèse.

Il y a peut-être une distance flagrante entre les préoccupations des chercheurs en didactique d'une part, et les soucis des praticiens (des enseignants et des concepteurs des matériels didactiques) d'autre part. Cette hypothèse est soutenue par ailleurs par la littérature. Levin (2013) par exemple, montre par une recherche bibliographique (Cordingley, 2008; Mitton et al., 2007) que les enseignants sont plutôt influencés par leur propre expérience, les relations avec des collègues et leur propre pratique d'enseignement que par la recherche à laquelle ils rattachent moins d'importance. Vellas (2008), pour sa part, se réfère aux « théories pratiques » des enseignants qui guident leur action dans la classe, et qui, encore qu'elles utilisent des théories scientifiques d'apprentissage, ont leur propre finalité et leur propre dynamique.

La prégnance des TIC, la logique « les TIC d'abord », pourrait aussi être une explication possible. Un scénario numérique, non simplement utilise des TIC, mais il est « plongé » dans les TIC. Il est bien évident que les TIC peuvent fournir d'excellents outils d'interaction et d'élaboration du contenu d'un enseignement mais si l'on passe à la logique « les TIC d'abord », on risque de devenir à la fin moins imaginatifs par rapport à une scénarisation didactique efficace. Un grand projet tel que l'AESOP qui vise la construction des scénarios sur une plateforme risque de prévaloir l'emploi systématique et itératif des outils de la plateforme, mais l'emploi tout court et non pas l'emploi cohérent avec une scénarisation générale qui tient en compte des préoccupations théorique quant au modèle(s) didactique. À ajouter ici que la nature même de certains outils de la plateforme AESOP nous semble plus convenable pour un modèle de transmission de connaissance.

Une dernière hypothèse explicative serait la confusion quant aux principaux récepteurs et utilisateurs des produits finaux dans le cadre d'AESOP. En fait, les scénarios s'adressaient à tous : professeurs, élèves, éventuelles utilisateurs de la plateforme. Ceci a créé une difficulté supplémentaire pour les concepteurs des scénarios. Deux matériels, deux produits finaux de la part de concepteurs de scénarios aurait été peut-être un choix prudent. La précision de ces situations donnerait envie de construire le scénario plus spécifiquement et éventuellement avec plus de recours aux supports théoriques ou à la recherche. L'absence de précisions quant aux récepteurs facilite un centrage de l'effort et de l'attention des concepteurs des scénarios à la production de matériels didactiques eux-mêmes sans théorisation mais avec l'envie de fournir des matériels pouvant être exploités par des utilisateurs différents de façon différente. On peut revisiter ici la distinction entre scénario d'apprentissage et scénario d'encadrement (Quintin, 2005). Une telle distinction pourrait, comme nous l'a montré l'expérience d'AESOP, faciliter le souci et l'intérêt des concepteurs pour des aspects théoriques de construction des séquences d'enseignement et pour la cohérence entre théories d'apprentissage, théorie didactique et choix didactiques.

En conclusion, la production des scénarios pédagogiques dans le cadre de la plateforme AESOP a été et continue d'être une expérience de grande envergure qui a enrichi la problématique concernant l'utilisation des TIC dans l'enseignement. Par l'analyse des scénarios en génie mécanique, nous avons pu voir des productions intéressantes, de l'utilisation sophistiquée des outils interactifs mais aussi un manque de vue d'ensemble de la scénarisation qui faciliterait la prise en compte d'une façon cohérente des théories d'apprentissage. A part les limites de la mise en œuvre des pédagogies constructivistes (Vellas, 2008; Baviskar, Hartle & Whitney, 2009;), il semble que la logique de la démarche en étapes successives et détaillées qui caractérise de tels projets (spécifications, descriptions, puis phase d'application) n'assure pas une mise en commun efficace de la théorie didactique d'une part et des préoccupations pratiques de la mise au point d'un scénario numérique d'autre part.

REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissant du soutien financier pour la diffusion de ce travail par le Compte spécial pour la recherche de l'ASPETE à travers le programme de financement « Renforcement de la recherche des membres du corps professoral de l'ASPETE ».

RÉFÉRENCES

AESOP (2016) *Advanced Electronic Scenarios Operating Platform*, IEP. Retrieved from <http://aesop.iep.edu.gr/>.

- Baviskar, S., Hartle, T., & Whitney, T. (2009). Essential criteria to characterize constructivist teaching. *International Journal of Science Education*, 31(4), 541-550.
- Boilevin, J.-M., & Dumas-Carré, A. (2001). Un modèle d'activité de résolution de problèmes de physique en formation initiale des enseignants. *Aster*, 32, 83-90.
- Cole, J., & Foster, H. (2008). *Using Moodle: Teaching with the popular open source course management system*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Cordingley, P. (2008) Research and evidence-informed practice: Focusing on practice and practitioners. *Cambridge Journal of Education*, 38(1), 37-52.
- De Smet, C. (2015) *Using a learning management system in secondary education: Design and implementation characteristics of learning paths*. PhD Thesis, Univesiteit Gent.
- De Smet, C., Schellens, T., De Wever, B., Brandt-Pomares, P., & Valcke, M. (2014). The design and implementation of learning paths in a learning management system. *Interactive Learning Environments*, doi:10.1080/10494820.2014.951059.
- Gil-Perez, D., Vilches, A., Fernandez, I., Cachapuz, A., Praia, J., Valdes, P., & Salinas, J. (2005). Technology as 'applied science'. A serious misconception that reinforces distorted and impoverished views of Science. *Science & Education*, 14, 309-320.
- Gomatos, L. (2012). Choix didactiques des enseignants de technologie : quelles relations avec les conceptions des enseignants à l'égard des relations sciences-technologie ? *Skholê*, 17, 201-208.
- IEP (2015a) *Compte rendu des guidages pour l'évaluation de scénarios numériques*. Athènes: Institut de Politique Educative [en grec].
- IEP (2015b) *Compte rendu des spécifications et de la méthodologie pour l'élaboration de scénarios numériques pour tous les niveaux de l'éducation*. Athènes: Institut de Politique Educative [en grec].
- Kassetas, A. (1996) *La voyelle longue avant la voyelle brève. J'enseigne la physique*. Athènes: Savalas [en grec].
- Levin, B. (2013). To know is not enough: research knowledge and its use. *Review of Education*, 1(1), 2-31.
- Mitton, C., Adair, C., McKenzie, E., Patten, S., & Perry, B. (2007). Knowledge transfer and exchange: Review and synthesis of the literature. *The Milbank Quarterly*, 85(4), 729-768.
- Phet (2016). *Interactive simulation*. Colorado University. Retrieved from <https://phet.colorado.edu/>.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gerzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Quintin, J. J. (2005) *Effet des modalités de tutorat et de scénarisation dans un dispositif de formation à distance*. Retrieved from https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/96702/filename/Quintin_2005_Effet_des_modalites_de_tutorat_et_d_e_scenarisation_dans_un_dispositif_de_formation_a_distance.pdf.
- Vellas, E. (2008) La mise en œuvre des pédagogies actives et constructivistes. *Enjeux Pédagogiques*, 10, 21-22.
- Villiot-Leclercq, E. (2007). *Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques*. Education. Thèse, Université de Montréal Canada et Université Joseph Fourier France.

Scénarios

- Scénario 1 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/5660>
- Scénario 2 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/5837>
- Scénario 3 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/6099>
- Scénario 4 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/6593>
- Scénario 5 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/6685>
- Scénario 6 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/7467>
- Scénario 7 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/8658>
- Scénario 8 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/8844>
- Scénario 9 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/9496>
- Scénario 10 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/9923>
- Scénario 11 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11249>
- Scénario 12 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11285>
- Scénario 13 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11368>
- Scénario 14 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11450>
- Scénario 15 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11529>
- Scénario 16 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11745>
- Scénario 17 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/11760>
- Scénario 18 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/14740>
- Scénario 19 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/16670>
- Scénario 20 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/19574>
- Scénario 21 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/21580>
- Scénario 22 : <http://aesop.iep.edu.gr/node/22137>

Le partenariat Enseignant-Accompagnant d'Élèves en Situation de Handicap dans l'enseignement scientifique pour des élèves en situation de handicap cognitif

NADEIGE CHAUVOT, NICOLE MENCACCI

Aix Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
nadeige.chauvot@univ-amu.fr
nicole.mencacci@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Cet article pose la question du partenariat comme mode possible du « travailler ensemble » dans le cas du soutien d'un Élève en Situation de Handicap par un enseignant et par un Accompagnant d'Élève en Situation de Handicap (AESH), lors d'une séquence d'enseignement scientifique au cycle 3. Pour ce faire, un construit composé de principes du partenariat et d'éléments de soutien cognitif et de soutien didactique a été élaboré et mis à l'épreuve de pratiques existantes. Les résultats mettent en évidence que la mise en œuvre des soutiens didactiques et des soutiens cognitifs s'ordonne différemment selon la catégorie des professionnels. Ils montrent également la complexité pour les deux professionnels, à accompagner et à répondre sur le mode du partenariat aux besoins éducatifs particuliers d'un même élève.

MOTS-CLÉS

Scolarisation des élèves en situation de handicap, accompagnant d'élèves en situation de handicap, éducation scientifique, partenariat

ABSTRACT

This article questions the partnership as a « working together » possible method, for a teacher and a special needs assistant, in the case of supporting a disabled student during a science teaching sequence in grades 3 and 4 (aged 8-10 years old). In order to answer this question, a model has been designed according to partnership principles and cognitive and didactical support aspects and then it has been put on probation with existing practices. The results highlight the facts that such support falls under arrangements of cognitive and didactical aspects according to the actor's status. These results also point out the difficulties for the teacher and the special need assistant to guide the same student pupil and respond to his special needs in a partnership way.

KEYWORDS

Schooling of disabled pupils, school ancillaries, science education, partnership

INTRODUCTION

La complexité des situations de prise en charge, de guidance et d'accompagnement requiert, souvent pour un même élève à Besoins Éducatifs Particuliers (BEP), les compétences de professionnels issus de domaines divers : enseignement, travail social, médico-social, santé... L'idée d'un possible et nécessaire travail « ensemble et commun », dans le cadre d'interventions hétérogènes, fait alors peu à peu son chemin, chez de nombreux professionnels. Sans partenariat l'inclusion scolaire semble impossible. Comment alors rendre une meilleure inclusion scolaire possible par le biais du partenariat ?

Les institutions elles aussi ont perçu l'enjeu. La collaboration et le partenariat sont évoqués à plusieurs reprises dans les prescriptions. Le but de cette contribution est d'avancer quelques éléments de réflexion sur ce qui peut être compris ici par un travail « ensemble et commun ».

Pour cela, nous nous intéresserons au travail partagé de l'enseignant et de l'Accompagnant d'Élèves en Situation de Handicap (AESH)¹. Il est nécessaire de préciser que la mise en œuvre de différentes lois (MEN, 2005, 2013a) sur la scolarisation des Élèves en Situation de Handicap (ESH) a favorisé une augmentation du nombre de ces élèves dans les écoles et par voie de conséquence, cela a provoqué un accroissement des AESH pour les accompagner. En effet, de nombreux élèves en situation de handicap ont besoin lors de leur parcours scolaire d'être soutenus pour réaliser certains actes de la vie quotidienne. Les AESH représentent alors un soutien compensatoire. À la rentrée 2014, 258 710 ESH sont scolarisés. Parmi ceux-ci, 109 100 font l'objet d'un accompagnement par un AESH (MEN, 2015). À travers l'étude de cas d'AESH accompagnant un ESH, l'objectif est de contribuer, dans le cadre de l'enseignement scientifique fondé sur la démarche d'investigation (ESDI), à repérer les actes de soutien des AESH, en situation concrète ainsi qu'une mise en regard des soutiens exercés de façon concomitante par l'enseignant et l'AESH.

Nous nous sommes intéressées à l'ESDI. Notre question est la suivante : le partenariat enseignant/AESH à destination d'un ESH est-il à l'œuvre dans des situations concrètes d'ESDI ?

La lecture théorique de ces situations a impliqué l'élaboration d'une approche du partenariat. Mais parce que nous pensons que la mise en œuvre du partenariat est sensible non seulement à la discipline enseignée mais encore au type d'élèves concernés (ici des élèves en situation de handicap cognitif), nous y avons adjoint une approche de la didactique des Sciences et les sciences cognitives pour le soutien exercé dans le cadre de l'ESDI. Le cadre théorique de cette étude est donc triple.

Dans un premier temps, l'architecture théorique tripartite sera présentée à la suite d'un bref rappel du cadre institutionnel. Dans un second temps, les méthodes de recueil et de traitement de données – observations filmées, entretiens semi-directifs, analyse de contenu – seront exposées. Il sera enfin procédé à l'analyse qualitative et quantitative des données qui conduiront à s'interroger sur le type de partenariat possible au sein de ce dispositif.

¹ Accompagnant d'Élèves en Situation de Handicap (AESH). Un AESH est un personnel auxiliaire de l'enseignant de classe qui, dans l'école française aide dans la classe à la scolarisation d'un Élève en Situation de Handicap (ESH).

ANCRAGE INSTITUTIONNEL DE LA DIMENSION PARTENARIALE DE L'ÉCOLE INCLUSIVE

En France, par la mise en œuvre de la loi du 11 février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » (MEN, 2005) l'AESH, en tant qu'agent dit de compensation est devenu un élément essentiel des nouvelles dispositions prévues par cette loi. Celle-ci voit dans le partenariat une chance de réfléchir et de travailler ensemble pour accueillir la différence. De plus, depuis 2013, l'Éducation nationale accorde une priorité à la dimension partenariale du métier d'enseignant : le travail en partenariat fait partie des quatorze compétences communes (CC) à tous les professeurs et personnels d'éducation en vue de répondre à la double exigence d'inclusion scolaire et de prise en compte de la diversité des élèves et de leurs besoins éducatifs particuliers (CC10 -coopérer au sein d'une équipe- et CC13 - coopérer avec les partenaires de l'école-) issues du nouveau référentiel de compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation (MEN, 2013b).

Cette dimension prescrite du partenariat du métier de l'enseignant est unanimement mise en avant et considérée comme conditionnant la réussite du processus inclusif des élèves (Belmont & Vérillon, 2004; Chauvot & Mencacci, 2011; Chauvot, 2012; Toullec-Théry & Brissiaud, 2012).

ANCRAGE THÉORIQUE

L'approche du partenariat : quelques principes

Le partenariat est une organisation du « travailler ensemble » » (Dhume, 2010) qui « suppose des conditions de possibilité » (ibid.) lesquelles doivent être chaque fois recréées par discussion et par négociation. Il n'en existe donc pas d'algorithme universel, mais plutôt une méthode, pensons-nous. Méthode comprise ici au sens de Rabardel et Samurçay (2006, p. 179), à savoir un ensemble de conditions, de possibilité, de principes qui « à la différence des règles et des procédures, [...] ne garantissent pas nécessairement l'atteinte de la solution mais une fois intériorisés guident efficacement sa recherche en organisant l'activité d'une façon systématique ». Le partenariat se spécifie comme le « minimum d'action commune négociée » (Mérini, 2004a, 2004b) entre deux personnes au moins (ou deux organisations) pour mener un projet commun, en vue d'objectifs distincts et avec des points de vue divers (Dhume, 2004). Ainsi approché, le « travail ensemble » enseignant/AESH nous semble correspondre à une situation de partenariat. À partir des recherches de Mérini et de Dhume, nous avons décliné six principes que nous allons rapporter à la situation enseignant/AESH.

Principe 1 : faire connaître au partenaire son référentiel.

L'enseignant, par exemple, explicite à l'intention de l'AESH, les compétences à développer, les programmes, les objectifs et le déroulement de la séquence ainsi que les modalités d'évaluation prévue pour la classe entière, les objectifs de la séquence à destination de l'ESH, les potentialités et difficultés des ESH consignées dans le Projet Personnel de Scolarisation ou dans le Projet Aide Individualisée, ce qu'il attend de l'AESH dans cette séance-là, les diverses réunions de concertation.

Principe 2 : prendre connaissance du référentiel des autres partenaires.

L'AESH, par exemple, explicite ses compétences, ses connaissances, la spécificité de son intervention et de ses objectifs.

Principe 3 : reconnaître la qualité et la complémentarité de l'autre.

Principe 4 : construire par négociation un projet commun dans lequel l'atteinte des objectifs des uns permet l'atteinte des objectifs des autres.

Les objectifs de l'enseignant concernent les apprentissages de tous les élèves de la classe. Alors que ceux de l'AESH visent l'apprentissage du seul ESH à l'intérieur de cette même classe. L'atteinte des objectifs de l'AESH permet ainsi l'atteinte de ceux de l'enseignant et inversement.

Principe 5 : prévoir un garant du partenariat.

Principe 6 : symétriser les relations.

Les relations enseignant/AESH peuvent-elles être symétriques ? Si oui, à quels moments ? Quand peuvent-elles s'exercer d'égal à égal sachant que le point de vue de l'un est autant informatif, pertinent et peu accessible à l'autre que le point de vue de l'autre ?

Ce répertoire de six principes pour le partenariat constitue le cadre d'analyse des interactions AESH/enseignant. À partir de lui peut s'identifier si le partenariat est mis en œuvre concrètement et comment.

L'approche développementale et cognitive

En prenant appui sur des recherches en psychologie développementale et cognitive, il s'est agi de mieux identifier les particularités du soutien d'un élève présentant des troubles des fonctions cognitives dans ce cadre de l'enseignement des Sciences. D'une part, la contribution des recherches de psychologues du développement (Bruner, 1983, 1999, 2002; Vygotski, 1994, 1997) ont nourri la réflexion afin de comprendre la prise en compte simultanée, dans les situations d'apprentissages, du contexte relationnel, interactionnel, des processus d'étayage et des processus mentaux. D'autre part, il a été fait appel à une définition de bases théoriques de la neuropsychologie pour permettre d'appréhender les troubles du fonctionnement cognitif (avec un focus sur les fonctions exécutives) et ses répercussions possibles sur les apprentissages dans un contexte d'enseignement scientifique à l'école (Plumet et al., 1998; Mazeau, 2005, 2006; Gropen et al., 2011).

Et ce cadre a permis de catégoriser la dimension cognitive mobilisée dans une tâche, comme l'attention et la mémoire de travail, la planification de l'action, le raisonnement, l'expression langagière –orale et écrite-, les possibilités d'abstraction, la gestion de la consigne, le rythme d'apprentissage, l'autonomie ainsi que des aspects davantage conatifs comme l'état émotionnel ainsi que le lien avec autrui.

L'étayage conceptuel relatif à la didactique des Sciences

Les recherches en didactique des Sciences (Martinand, 1986; Giordan & De Vecchi, 1994; Giordan, 1997; Malkoun, 2007; Chopin, 2010; Astolfi et al., 2011) permettent de mieux identifier les particularités du soutien d'un élève aux fonctions exécutives troublées lors d'apprentissages

scientifiques, notamment, l'éducation scientifique fondée sur une démarche d'investigation qui permet d'appréhender la manière dont les élèves peuvent développer une aptitude à se questionner sur des phénomènes naturels. Et en suivant une démarche de scientifique : ils peuvent observer, manipuler, formuler des hypothèses, les valider ou les invalider, en se confrontant aux idées d'un collectif de pairs (Boilevin et al., 2012; Venturini & Tiberghien, 2013).

Et ce cadre a permis de catégoriser cette dimension didactique mobilisée au cours d'une séquence d'enseignement scientifique comme les prises en compte : des conceptions initiales des élèves; des obstacles et les difficultés rencontrés par les élèves ; du temps didactique du déroulé de la séance ; des étapes d'une démarche d'investigation ainsi que de l'orientation de l'élève en situation de handicap sur des objets de savoirs précis.

MÉTHODOLOGIE

Le mode de recueil des données

Nous nous sommes intéressées à quatre élèves présentant des troubles des fonctions exécutives, troubles de l'anticipation, de la planification et de la mémoire de travail. Ces élèves sont soutenus en classe par un AESH. Les apprentissages de ces élèves sont intéressants à étudier parce que des obstacles peuvent être rencontrés au cours d'une séquence d'apprentissage scientifique. Le niveau choisi est le cycle 3 car les concepts complexes en Sciences commencent réellement à y être abordés. Le corpus recueilli concerne trois écoles primaires. Il est constitué de quatre enseignants et de trois AESH. La particularité de ce dispositif tient au fait qu'un AESH est présent dans la même école pour deux élèves de deux classes distinctes.

L'éducation scientifique, est une discipline intéressante à étudier parce qu'elle relève d'un début de raisonnement sur un environnement quotidien. Et au travers d'une démarche d'investigation (DI), les élèves se questionnent et expriment un raisonnement en construction en interagissant avec autrui et mettent en œuvre des fonctions exécutives. Dans cette perspective, nous avons élaboré une séquence en Sciences physiques fondée sur l'investigation. L'objectif est d'identifier par l'expérimentation des propriétés qui confèrent à l'air un caractère matériel. Elle est composée de deux séances destinées à mettre en évidence différentes propriétés de l'air. Pour exemple : l'air se déplace ; il se dilate ; son volume varie. La 1^{ère} séance comprend des manipulations de la part des élèves, ils sont donc acteurs. Dans la seconde, ils observent l'enseignant en monstration et il n'y a aucune manipulation de la part des apprenants. Ces deux modalités d'expérimentation laissent ainsi plus de possibilités pour les élèves de s'exprimer que s'il n'y avait qu'une seule expérimentation. Ce protocole a été communiqué aux enseignants du dispositif de l'étude deux semaines avant la mise en œuvre dans leur classe.

Pendant ce laps de temps, les AESH ont été informés aux enjeux connaissances et de savoirs relatifs à la séquence (durée de ce temps d'information : une heure et demie). En prenant appui sur leurs conceptions initiales il s'est agi de les initier aux notions scientifiques des propriétés de l'air et ils ont été également sensibilisés aux contenus des différentes étapes constituant une démarche d'investigation. La visée était d'enrichir le pouvoir d'agir des AESH concernant leur soutien. Ainsi, en élevant leurs niveaux de connaissances, il pouvait être à peu près certain de voir l'apparition de gestes de soutien que permet cette initiation.

Pour étudier le caractère partenarial des interactions entre les enseignants et les AESH, il a été mis en place une méthode de recherche composite qui s'inscrit dans une approche clinique. Car en s'intéressant à ce qui s'entend et s'interprète en étant aux côtés des protagonistes permet de saisir leurs savoirs à peine conscientisés. Composite, car elle emprunte des outils de recueil de

données divers: l'observation et l'entretien. L'ensemble des phases qui ont permis de constituer une base de données se présente en trois étapes distinctes:

- (a) Enregistrement audio du temps d'initiation des AESH.
- (b) Enregistrement vidéo des séquences d'enseignement-apprentissage.
- (c) Entretien post vidéo avec chaque professionnel : enseignants, AESH.

La transcription des données au prisme d'un outil construit: le matériau de l'étude

Les données recueillies ont été analysées au travers d'un outil construit. Ses grands principes sont les suivants: parmi l'ensemble des films, les extraits sélectionnés qui ont fait l'objet d'un entretien avec chaque professionnel ont été analysés, et il s'est agi de comptabiliser le nombre et le type d'actes de soutien des enseignants et des AESH sur les versants cognitifs et didactiques identifiés au travers des extraits ainsi que des entretiens post. Et cela relève d'une approche quantitative. Tandis que l'aspect de la dimension partenariale, mise en œuvre par ces professionnels, relève davantage d'une approche qualitative car issue uniquement des entretiens post. La grille suivante -Tableau 1- explicite la synthèse des marqueurs des différentes catégories retenues pour l'analyse.

TABLEAU 1
Grille d'analyse des soutiens exercés en partenariat

Catégories des objets d'étude	Marqueurs
<i>aspects partenariaux</i>	Principe 1: faire connaître au partenaire son référentiel. Principe 2: prendre connaissance du référentiel des autres partenaires. Principe 3: reconnaître la qualité et la complémentarité de l'autre. Principe 4: construire par négociation un projet commun dans lequel l'atteinte des objectifs des uns permet l'atteinte des objectifs des autres. Principe 5: prévoir un garant du partenariat. Principe 6: symétriser les relations.
<i>aspects cognitifs</i>	-l'attention, -la mémoire de travail, -la planification de l'action, -le raisonnement, -l'expression langagière –orale et écrite-, -les possibilités d'abstraction, -la gestion de la consigne, -le rythme d'apprentissage, -l'autonomie l'état émotionnel -le lien avec autrui.
<i>aspects didactiques</i>	-les conceptions initiales des élèves, -les obstacles et les difficultés rencontrés par les élèves, -le temps didactique du déroulé de la séance, -les étapes d'une démarche d'investigation, -l'orientation de l'ESH sur des objets de savoirs précis.

L'ensemble de ces constituants représentent les différentes modalités du soutien des deux catégories de professionnels augmenté de la dimension partenariale. Ils sont réunis dans le tableau suivant - Tableau 2- formant ainsi le cadre d'analyse de notre étude qui représente la norme de référence auquel le matériau sera soumis.

TABLEAU 2*Grille d'analyse de transcriptions selon un cadre multidisciplinaire*

Matériau à analyser					Cadre d'analyse		
Contexte situation -nel	Inter-action	Transcription de l'extrait de séquence: ce qui est dit et ce qui est fait	Transcription entretien-post enseignant	Transcription entretien-post AESH	Dimension partenariale	Fonction cognitive du soutien	Fonction didactique du soutien

RÉSULTATS

Après avoir récapitulé de manière quantitative les modalités des soutiens exercés au cours de la séquence d'apprentissage scientifique, il s'est agi d'identifier parmi ces résultats, les conditions de l'efficacité d'un partenariat entre l'enseignant et l'AESH sous-tendant l'exercice de ce soutien.

D'une part, il est à noter que d'une manière générale, les soutiens exercés par les AESH et les enseignants sont davantage orientés vers les aspects cognitifs que didactiques. D'autre part, l'on remarque que la fréquence des actes de soutien qu'il soit cognitif ou didactique mis en œuvre par les AESH est plus élevée que celle des enseignants. On peut alors supposer que le soutien de l'AESH entre en résonance avec celui de l'enseignant, en l'amplifiant.

Plus précisément, les résultats montrent qu'à propos de l'aspect cognitif du soutien, l'action adaptative des AESH porte davantage sur les aspects liés au raisonnement puis l'expression langagière, l'abstraction et l'état émotionnel, que sur les autres marqueurs. Pour les enseignants, le soutien vise en priorité les aspects de l'expression langagière de l'élève, le raisonnement, l'état émotionnel et le lien avec autrui. Sur les quatre marqueurs prédominants, trois sont communs aux deux catégories de personnels.

Pour l'aspect didactique du soutien, les AESH axent la primauté du soutien de manière équivalente entre l'orientation de l'attention et la prise en compte des obstacles, puis vers les étapes d'une DI et le temps didactique. La priorité des enseignants s'oriente vers la prise en compte des obstacles, puis les étapes d'une DI et l'orientation de l'attention de l'élève, ensuite les conceptions initiales. Sur les deux marqueurs prédominants, un est commun aux deux catégories de personnels.

L'ensemble de ces résultats laisse entrevoir que la priorité des soutiens, qu'il soit cognitif ou didactique s'accorde sur des aspects similaires mais leur agencement s'ordonne différemment selon le type de professionnels.

En ce qui concerne la dimension partenariale, les six principes de conduites du partenariat sont éprouvés à l'aune de la relation de co-intervention entre les enseignants et les AESH.

Principe 1 et Principe 2 : ces deux premiers principes demandent à chaque professionnel de faire entendre son propre référentiel de métier et de comprendre celui de l'autre. Dans le cas de l'étude, il semble que ce point n'est pas visible. En effet, ce n'est énoncé par aucun des professionnels.

Principe 3 : au sein du corpus, des aspects laissent discerner l'existence de leviers pour construire une relation partenariale de valeur. Par exemple, une enseignante reconnaît des qualités professionnelles et humaines à l'AESH qu'elle valorise *in situ*.

Principe 4 : il semble qu'une séquence illustre tout à fait ce quatrième principe. À savoir les deux professionnelles interagissent à propos des apprentissages de l'ESH. Par exemple, l'AESH représente une force de propositions. Celle-ci aménage la situation *in situ*. En évaluant le degré de compréhension de l'ESH, elle propose des adaptations de l'exercice en cours.

Principe 5 : aucun exemple relevant de ce registre n'est illustré par les résultats des données.

Principe 6 : il est fait de nouveau référence à la séquence mentionnée pour le principe 4. Celle-ci apparaît revêtir les atours d'une relation assez symétrisée entre les deux adultes. Par exemple, chacun des professionnels écoute l'autre avec attention et prend en considération ses remarques.

DISCUSSION - CONCLUSION

Le travail de co-intervention, comme processus à élaborer avec l'AESH est une dynamique à amorcer pour garantir l'efficacité du binôme enseignant-AESH auprès du même ESH. Il s'agirait de soutenir les enseignants dans une prise de conscience de penser le travail collaboratif en tant que processus, en considérant l'AESH comme la personne qui connaît le mieux certains aspects de l'élève parce qu'elle est dans un contact proche et quotidien avec lui. À partir de la relation entre ces deux professionnels seraient débattues des pistes de travail comme des « contrats d'apprentissages objectivés de l'ESH » pour accompagner le déroulement de la journée ou des fiches outils construites par les deux adultes pour penser l'étayage et le désétayage. Cela permettrait aussi une visibilité de la production de l'élève basée sur un aperçu des procédures réalisées par celui-ci. Cela faciliterait la mission des AESH. Et si l'on se place dans la reconnaissance de la qualité, de la complémentarité de l'autre et de la reconnaissance de ses propres limites, alors on est prêt à accueillir la différence et cela ensemble. Si l'école réussit ce pari du partenariat, c'est que les qualités professionnelles propres à chacun sont acceptées, alors on est en bonne voie pour l'école de la différence au sein de laquelle l'école de tous doit tendre vers l'école pour tous.

RÉFÉRENCES

- Astolfi, J.-P., Darot É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2011). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repère, définitions, bibliographies*. Bruxelles: De Boeck.
- Belmont, B., & Vérillon, A. (2004). Relier les territoires par la collaboration des acteurs. In D. Poizat (coord.), *Éducation et handicap. D'une pensée territoire à une pensée monde* (pp. 57-66). Ramonville Saint Agne: Éres.
- Boilevin, J.-M., Brandt-Pomares, P., Givry, D., & Delsérieys, A. (2012). L'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation : étude d'un dispositif collaboratif entre enseignants de collège et chercheurs en didactique. In B. Calmettes (Ed.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation* (pp. 214-234). Paris: L'Harmattan.
- Bruner, J. (1983). *Le développement de l'enfant : Savoir faire, savoir dire*. Paris: PUF.
- Bruner, J. (1999). *Comment les enfants apprennent à parler*. Paris: Retz.
- Bruner, J. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Paris: Retz.

- Chauvot, N. (2012). Activités d'un Auxiliaire de vie scolaire accompagnant un élève handicapé moteur lors d'une séquence en sciences. *Skholé*, 17, 209-217.
- Chauvot, N., & Mencacci, N. (2011). Identifier les habiletés éducatives et gestes professionnels d'ajustement d'un Auxiliaire de vie scolaire accompagnant un élève autiste. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 27-40.
- Chopin, M.-P. (2010). Les usages du « temps » dans les recherches sur l'enseignement. *Revue Française de Pédagogie*, 70, 87-110.
- Dhume, F. (2004). L'école et les autres, ou comment penser le partenariat, *Les Cahiers Pédagogiques*, 421.
- Dhume, F. (2010). *Du travail social au travail ensemble*, France: Éditions ASH.
- Giordan, A. (1997). Nouvelles idées sur apprendre. *Didactiques : Recherches et pratique*, *Les Cahiers du CERF*, 5, 161-197.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1994). *L'enseignement scientifique; comment faire pour que ça marche?* Nice: Z'éditions.
- Gropen, J., Clark-Chiarelli, N., Hoisington, C., & Ehrlich, S. B. (2011). The importance of executive function in early science education. *Child Development Perspectives*, 5(4), 298-304.
- Malkoun, L. (2007). *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : étude de cas en France et au Liban*. Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, France.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière: Des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Bern: P. Lang.
- Mazeau, M. (2005). Troubles cognitifs, Déficience Mentale, Troubles Spécifiques des Apprentissages : Un mot peut en cacher un autre. *Contraste 1/2005*(22-23), 187-207.
- Mazeau, M. (2006). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages*. Paris : Masson.
- Mérini, C. (2004a). Davantage qu'une collaboration. *Cahiers pédagogiques*, 421, 21
- Mérini, C. (2004b). Petite grammaire du partenariat. *Cahiers pédagogiques*, 421, 44-47.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2005). *Loi n°2005-102 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées*.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2013a). *Loi n°2005-102 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées*.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2013b). *Le référentiel des compétences professionnelles et des métiers du professorat et de l'éducation*. Bulletin officiel du 25.7.2013. Retrieved from http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=73066.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2015). Retrieved from <http://www.education.gouv.fr/cid84379/l-ecole-inclusive-une-dynamique-qui-s-amplifie-en-faveur-des-eleves-et-des-etudiants-en-situation-de-handicap.html&xtmc=aesh&xtnp=1&xtr=2>.
- Plumet, M.-H., Hughes, C., Tardif, C., & Mouren-Siméoni, M.-C. (1998). L'hypothèse d'un déficit des fonctions exécutives dans l'autisme. *Psychologie Française*, 43(2), 157-167.
- Rabardel, P., & Samurçay, R. (2006). De l'apprentissage par les artefacts à l'apprentissage médiatisé par les instruments. In J.-M. Barbier, & M. Durand (Ed.), *Sujets, activités, environnements. Approches transverses* (pp. 135-160). Paris: Presses Universitaires de France.

Toullec-Théry, M., & Brissiaud, M. (2012). Scolarisation d'un élève en situation de handicap : le cas d'un accompagnement délicat effectué par un Auxiliaire de vie scolaire (AVS). *La Nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 57, 139-154.

Venturini, P., & Tiberghien, A. (2013). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques: étude de cas au collège. *Revue Française de Pédagogie*, 3, 95-120.

Vygotski, L. S. (1994). *Défectologie et déficience mentale*. Neuchâtel-Paris: Delachaux et Niestlé.

Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage*. Paris: La dispute.

Mise en œuvre de la pédagogie par projets formels et non-formels en école d'ingénieurs

MOHAMED OUBREK, MOURAD ABOUELALA, MOURAD TAHA JANAN,
ABDELLAH EL GHARAD

Mohamed V University
ENSET, Rabat, (LM2PI)
Maroc
m.oubrek@um5s.net.ma

RÉSUMÉ

Dans le cadre de démarrage des filières d'ingénieurs à l'École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique (ENSET) de Rabat et de la nécessité d'y intégrer formellement la pédagogie par projets, cet article présente le retour d'expérience de la mise en œuvre de la pédagogie par projet consistant en la participation à la complétion Eco Shell marathon (compétition internationale entre équipes d'étudiants qui consiste à concevoir et fabriquer un véhicule devant parcourir un maximum de kilomètres avec un minimum d'énergie) et la création d'une junior entreprise. L'article décrit l'approche retenue, présente les modalités de déploiement mises en œuvre et les enseignements tirés. Un modèle de mise en œuvre intégrée au référentiel de formation en formation d'ingénieurs en génie mécanique est proposé sur la base de ce retour d'expérience.

MOTS-CLÉS

Pédagogie par projet, formation d'ingénieurs

ABSTRACT

In the boot part of engineering courses in ENSET in Rabat and hence the necessity of formally integrate project-based teaching, this article presents the lessons learned from the implementation of educational projects consisting in participation in Shell Eco marathon completion (international competition between student teams is to design and manufacture a vehicle to travel a maximum of kilometers with minimum energy) and the creation of a junior company. The article describes the approach adopted, the deployment modalities implemented and the lessons learned. An integrated implementation of a model training reference in mechanical engineering training is presented on the basis of this feedback.

KEYWORDS

Project-based learning, engineering education

DE LA PÉDAGOGIE PAR PROJET

À l'instar des méthodes actives, la pédagogie par projet se focalise sur les besoins et les initiatives de l'apprenant considéré comme acteur central dans le processus d'apprentissage. Elle s'appuie et s'organise autour d'un projet, mobilise les capacités d'anticipation afin de maîtriser son avancement et en atteindre les objectifs. La pédagogie par le projet admet l'efficacité de l'engagement volontaire, de la liberté d'initiative et de l'adhésion au collectif et

favorise ainsi la persévérance, le développement des apprentissages, des capacités cognitives, sur les niveaux personnel et relationnel de l'apprenant.

Elle offre des situations d'apprentissage authentiques du point de vue de la contextualisation, la motivation, l'interdisciplinarité, l'interaction sociale, la réflexion méthodologique, la finalité de l'action nécessaires à la construction d'apprentissages structurés rendant alors possible la cristallisation des compétences prescrites dans les référentiels de formation.

Cette idée selon laquelle la pratique est un passage obligé de l'apprentissage n'est pas nouvelle, Un proverbe chinois dit : « Dis-moi et j'oublierai. Montre-moi et je peux me souvenir. Implique-moi et j'apprendrai ». La pratique a toujours été reconnue comme la voie d'apprentissage le plus efficace. Aristote a dit: « Il faut apprendre en faisant la chose, car si vous pensez que vous savez, vous n'avez pas la certitude jusqu'à ce que vous ayez essayé. ». Au 14^{ème} siècle Ibn khaldoun disait "Le développement des compétences est atteint par la discussion, l'apprentissage collectif et la résolution des conflits cognitifs par le co-apprentissage".

Pendant la première moitié du 20^{ème} siècle, la théorie de l'Apprentissage par la pratique, le « learning by doing » suggérée par Kenneth Arrow dans le domaine des sciences économiques affirmait l'apport significatif et cumulatif de la pratique sur la productivité des travailleurs. Le système de production de Toyota, par exemple, est connu pour son Kaizen, basé sur l'apprentissage par la pratique dans une logique d'amélioration continue. L'apprentissage actif est également au cœur de l'apprentissage organisationnel et de la gestion de la connaissance dans l'environnement de travail (Raynal, Le Méhauté, Angoulvant & Ferguson, 2008).

S'appuyant sur les approches constructivistes et socioconstructivistes, la transposition pédagogique de l'apprentissage par la pratique ou plus précisément la pédagogie active, n'a commencé à être introduite institutionnellement et de manière significative dans le monde occidental, que depuis les années 80 du siècle dernier. La mise en œuvre constatée dès lors fait état de très nombreuses formes et pratiques de son déploiement, d'où une certaine difficulté à mieux en cerner les concepts et les modèles sous-jacents (apprentissage par la découverte, l'enquête, l'étude de cas, les jeux de rôles, la simulation, le projet de groupe).

Dans sa revue de la littérature traitant de la recherche sur l'apprentissage par le projet, commandité par la fondation Autodesk, (Thomas, 2000) conclut qu'une démarche universelle ne se dégage pas. Cependant les principales composantes admises comme faisant partie de la pédagogie par projet ou PBL (Project-Based Learning) et qui différencient « apprendre par projet » de la simple activité de « réaliser un projet ». Ces composantes principales sont :

- (a) Des tâches complexes basées sur des questions ou des problèmes difficiles qui impliquent les étudiants dans la conception, la résolution de problèmes, la prise de décision, ou les activités d'enquête et aboutissent à des produits ou des présentations réalistes (Jones, Rasmussen & Moffitt, 1997; Thomas, Mergendoller & Michaelson, 1999) ;
- (b) la possibilité pour les étudiants de travailler de manière relativement autonome sur des périodes de temps prolongées ;
- (c) Des contenus authentiques, l'évaluation authentique, la facilitation non directive des enseignants, l'explicitation des objectifs, (Moursund, 1999), l'apprentissage coopératif, la réflexion et l'incorporation des compétences des apprenants (Diehl, Grobe, Lopez & Cabral, 1999).

En plus de ces composantes plus communément admises, d'autres questions clés sont considérées comme fondamentales par certains chercheurs et laissées sous silence par d'autres. Il s'agit de:

- (a) la nécessité pour l'acquisition de connaissances et de compétences de niveau plus élevé de soutien ou d'étayage dans le sens du concept développé par Bruner et celui de la zone proximale de développement de Vygotsky ;
- (b) la nécessité de l'utilisation du travail collaboratif ;
- (c) la nécessité d'une multitude de possibilités sur l'objet et les méthodes d'apprentissage ;
- (d) la question de l'évaluation des acquis des étudiants.

Dans une revue plus récente de (Condliffe et al., 2015), en mettant à jour la revue précitée de Thomas (2000), les auteurs concluent en la nécessité de formaliser des principes souples et dynamiques adaptables aux contextes spécifiques et des modèles clairs d'implémentation sont nécessaires pour en évaluer la qualité de mise en œuvre. Le potentiel de la pédagogie reste néanmoins tributaire à la nécessité de la mise en place d'un environnement physique et organisationnel garantissant les conditions de mise en œuvre favorisant l'effectivité des apprentissages et leur évaluation.

Cet aspect focalise actuellement les travaux d'organismes promouvant la pédagogie active en pré-bac qui proposent des principes de réussite de la mise en application de la pédagogie de projet, proposent des invariants du processus de son implémentation formelle et de son pilotage. On peut citer Larmer et Mergendoller (2010) pour Buck Institute for Education (BIE) qui propose sept composantes essentielles : le besoin d'acquérir un savoir, une finalité précise, une liberté de choix et de décision, des compétences pour le 21^{ème} siècle, la collecte d'informations et l'innovation, le retour d'expérience et la revue de projet, la présentation du produit au public. Baines et al. (2015) de Lucas Education Research (LER) proposent quant à eux quatre principes essentiels pour un apprentissage rigoureux par projet : Une expérience ciblée et authentique, reposant sur des contenus rigoureux, des interactions significatives et soutenues, la mise en œuvre reposant sur des faits factuels. Le trait commun de ces approches est le souci d'aligner des apprentissages construits par l'activité de projet et leur évaluation avec les prescriptions des référentiels et d'autre part celui de la nécessité de la cohérence et de la pertinence de ces mêmes activités pour les apprenants. Dans l'enseignement supérieur les projets sont moins intégrés aux programmes et sont plutôt des projets d'application (post-projets). Il existe des expériences pionnières de pré-projets (Projets d'apprentissage) plus intégrés aux programmes, l'université d'Aalborg et le Copenhagen Engineering College basent par exemple tout leur curriculum sur l'apprentissage par projet, Aguirre et Raucent (2002).

BESOIN DE PÉDAGOGIE ALTERNATIVE

La pratique des méthodes actives dans l'enseignement supérieur marocain comme dans l'ensemble du système éducatif reste très limitée, l'enseignement y est axé culturellement et historiquement sur la transmission, la mémorisation et la restitution. Les premiers enseignants de l'école Marocaine post-coloniale sont issus de l'enseignement traditionnel et des rangs de l'école française. Ces deux modèles bien qu'historiquement et culturellement très différents mais qui ont en commun le fait qu'ils ne sont pas des plus adeptes des méthodes pédagogiques actives et n'ont donc pas promu l'émergence de ces dernières. Toutes les réformes récentes, quand elles les prescrivent, n'ont pas pu apporter les supports institutionnels à l'introduction réussie des méthodes actives. Les pratiques pertinentes sur le terrain le sont très peu à l'initiative des institutions, des établissements ou même des équipes. Elles sont dans la majorité des cas à l'initiative de professeurs en marge des structures du dispositif de l'enseignement. Le dernier rapport analytique sur la mise en œuvre de la charte nationale d'éducation et de formation 2000-2013 précise, à propos du volet pédagogique, que « Si la mise en œuvre de la Charte a introduit

une nouvelle architecture et une refonte des programmes, les conditions de leur production et application ont connu quelques dysfonctionnements qui ont un effet négatif sur la qualité de l'architecture globale des programmes, la définition des savoirs fondamentaux et la structuration des apprentissages. De plus, l'absence d'un cadre de référence cohérent de l'intégration, le caractère peu innovant des programmes scolaires restés centrés sur les contenus au détriment des compétences, la marginalisation des disciplines censées structurer le temps et l'espace chez l'apprenant, véhiculer les valeurs de la citoyenneté, de la tolérance et des droits de l'Homme, illustrent un certain nombre de limites. ».

Par ailleurs, l'autonomie pédagogique récente de l'université marocaine est suffisamment mature pour permettre une mise en œuvre maîtrisée et plus structurée de la pédagogie active à l'échelle des établissements. L'expérience décrite et analysée dans cet article ainsi que de nombreuses autres expériences similaires de pédagogie par projet menées notamment dans les écoles d'ingénieurs en sont la preuve. Les disciplines technologiques et les sciences appliquées ou le caractère objectif des finalités attendues et des productions intermédiaires confèrent en effet une certaine efficacité aux apprentissages par la pratique (Mills & Treagust, 2003). Ils offrent un vécu très formateur aux étudiants notamment dans un contexte social où la culture technologique n'est pas très profondément ancrée.

Cet article présente le retour d'expérience de la mise en œuvre de la pédagogie par projets et propose sur cette base un modèle de déploiement intégré au référentiel de formation en formation d'ingénieurs en génie mécanique.

Cette expérience a été menée avec des étudiants de génie mécanique et de génie électrique (bac+1 à bac+3). Le besoin en pédagogie active s'est fait sentir suite aux constats dressés sur la base des épreuves écrites et des entretiens pour l'accès en licence professionnelle. Les candidats, présélectionnés sur dossier passaient d'abord une épreuve écrite. Les candidats retenus passaient ensuite un entretien où ils étaient classés sur la base de leur capacités générales (soft-skills) et surtout en compétences de haut niveau (démarches méthodologiques, approche multidisciplinaire, esprit critique, de synthèse, etc.) évaluées par la capacité à mobiliser des connaissances de base dans des stratégies de résolution de problèmes techniques concrets. Le constat, sur plusieurs promotions, est que la majorité des candidats détiennent des connaissances mais ont un déficit en compétences. Cependant, les apprentissages acquis en stage ou en PFE sont plus mobilisables par les candidats pour résoudre des problèmes nouveaux.

APPROCHE PÉDAGOGIQUE

C'est en prenant en compte les profils de ces étudiants que nous avons été amenés à proposer des activités de projets d'application permettant de mener des activités à caractère méthodologique et opérationnel et de nature à structurer les apprentissages déjà acquis. Les projets sont proposés aux étudiants en dehors des cours, leur principal objectif est de combler le déficit constaté. Cette autonomie des projets par rapport aux enseignements disciplinaires offre plus de possibilités de choix de projets mobilisateurs (motivants et stimulants) et consistants (complexes, sur plusieurs années).

Deux projets complémentaires ont été choisis : Un premier projet de participation à la compétition Eco Shell Marathon supporté par un second projet de création et de développement d'une junior entreprise. Cette dernière, ayant un statut d'association, est le maître d'ouvrage du projet de la participation Eco Shell. Elle est chargée de lui apporter des moyens financiers moyennant des prestations techniques génératrices de revenus et du sponsoring. Les objectifs recherchés à travers ces projets sont de :

- (a) Développer des compétences techniques et méthodologiques dans le domaine du génie mécanique ;

- (b) Développer des compétences générales ;
- (c) Développer des capacités d'autonomie et de travail collaboratif ;
- (d) S'initier aux démarches de créativité et à l'entrepreneuriat.

Ces projets mobilisent les connaissances et les expériences antérieures des étudiants pour les combler, les mettre en relation, les développer et les approfondir. Ils favorisent le travail en équipe et s'appuient sur la conjugaison des capacités individuelles. Ils offrent un contexte plus réaliste de mise en pratique des outils méthodologiques de résolution de problèmes et les marges de liberté et d'autonomie nécessaires à un rôle authentiquement actif des étudiants. Il s'agit donc d'un projet autonome et ouvert, de post-projet ou projet d'application, selon le modèle décrit par Aguirre et Raucent (2002).

MISE EN ŒUVRE DE PROJET AUTONOME

Ces activités de projet sont basées sur le principe du volontariat. Les étudiants se sont organisés en équipes projet structurées et y ont pris part selon plusieurs modalités : a) Projet de fin d'études (en dehors des cours sur toute l'année), b) stage (six semaines en temps plein) ou c) à titre volontaire (selon le niveau d'engagement choisis par l'étudiant).

Les enseignants tuteurs interviennent notamment dans le cadrage général, fixent les grandes phases du projet, son découpage ainsi que les grandes orientations de sa réalisation. Ceci découle uniquement de l'impératif de tenir compte des moyens mobilisables et pour configurer les attentes des projets à un niveau atteignable tout en laissant à l'équipe projet une marge suffisamment large de choix possibles, donc de décisions à prendre. Ces éléments prédéfinis ont servi à identifier des situations d'apprentissage potentielles et d'établir une programmation prévisionnelle des étayages éventuels à prévoir pour soutenir la progression des apprentissages des étudiants et l'achèvement du projet dans les délais. Au niveau de son implémentation, la démarche est supportée par un dispositif en trois volets :

- (a) L'allocation de ressources : Locaux, mobilier, matériel informatique et de communication, outillages techniques, matières premières, autorisation d'accès en dehors des horaires ouvrables, des professeurs tuteurs et ressources, ... ;
- (b) Le cadre de travail : Le rapport de l'activité de projet avec les cours, avec le règlement des études ainsi que les procédures spécifiques à respecter, la coordination et le pilotage du dispositif.
- (c) L'encadrement : Tout au long du projet en commençant la phase de constitution des équipes qui requière une attention particulière compte tenu du risque important de conflits dans le processus de leurs constitution, de l'impératif à dégager dans cette phase des éléments meneurs et du besoin important d'expliquer et de sensibiliser les étudiants à la vraie finalité des projets, à savoir « apprendre » ;

L'encadrement dans les phases suivantes, proprement axées sur les projets, porte sur le suivi de l'état d'avancement notamment par le biais de réunions hebdomadaires, chaque étudiant ou groupe d'étudiants est chargé à présenter le travail réalisé, expliquer et argumenter les choix et les solutions retenues, les difficultés rencontrés et les voies pour les surmonter. Des revues techniques de projet sont éventuellement discutées et validées. Aussi, les plannings sont actualisés et une programmation des tâches à court terme est établie. Toutes les décisions sont prises pendant ces réunions et les étudiants sont appelés à préparer les éléments factuels permettant de les soutenir. Ces réunions servent aussi à l'évaluation de la progression des apprentissages des étudiants. Nous avons utilisé pour cela des grilles d'évaluation et d'auto-évaluation. Cette progression est également débattue afin de retenir une évaluation partagée.

Tout au long du projet, les enseignants qui s'y sont impliqués supportent l'équipe au besoin sur le plan organisationnel pour recadrer le déroulement du projet, interviennent quand ils sont sollicités en tant qu'experts ou aident les étudiants dans la recherche d'informations, d'expertise ou d'un savoir-faire extérieur à l'institution.

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Les observations relevées confirment l'efficacité des situations d'apprentissage induites par le projet en termes d'approfondissement des connaissances, de cristallisation de compétences opérationnelles, de développements manifestes et significatifs des capacités individuelles et d'aptitudes relationnelles (Sens de l'efficacité, de la communication, flexibilité, esprit d'équipe, etc.).

La pluridisciplinarité intrinsèque au projet impose le décloisonnement disciplinaire, nécessaire à la résolution de problèmes rencontrés. Le choix d'un projet motivant et mobilisateur pour les étudiants et les professeurs basé sur le challenge et la recherche de la performance stimule l'activité des étudiants et leur implication.

La diversité des parcours antérieurs des étudiants accentuent et stimulent les interactions entre ces derniers favorisant ainsi des transferts de connaissances et de savoirs sustentent les processus individuels d'apprentissage. Les interactions étudiantes-professeurs sont quant à elles principalement restreintes aux enseignants impliqués.

Le changement du rapport à la connaissance dans les activités de projet provoque une inflexion positive de l'attitude des étudiants à l'égard des connaissances disciplinaires. Ceci se traduit par un regain d'intérêt pour les enseignements disciplinaires dispensés aux étudiants, et notamment l'intérêt de ces derniers pour les disciplines induites par l'activité de projet.

Les projets autonomes et ouverts offrent une expérience marquante et permettent la prise de conscience de l'étudiant par rapport à sa formation. Ce type de projets n'est pas adapté pour faire acquérir des apprentissages prédéfinis. Ils permettent de développer des compétences résultant de la recherche persévérante de la performance qui amène à s'investir par besoin dans la construction de nouveaux apprentissages disciplinaires.

Une pédagogie de projet contrôlée et relativement circonscrite est plus efficace pour les apprentissages de base conformément à des objectifs préétablis. Elle nécessite une coordination étroite des différents enseignements en relation avec les projets. Une approche combinant les deux types de projets est donc de nature à offrir un éventail plus large de situations d'apprentissage.

PROPOSITION DE MODÈLE DE MISE EN ŒUVRE COMBINÉE EN CYCLE D'INGÉNIEURS

Les filières d'ingénieurs à l'ENSET sont organisées en six semestres, 70% des étudiants y accèdent par les classes préparatoires, 30% sont titulaires d'un bac + 2 (DUT : Diplôme Universitaire de Technologie ou BTS : Brevet de Technicien Supérieur). Nous proposons deux types de projets, formels et non-formels.

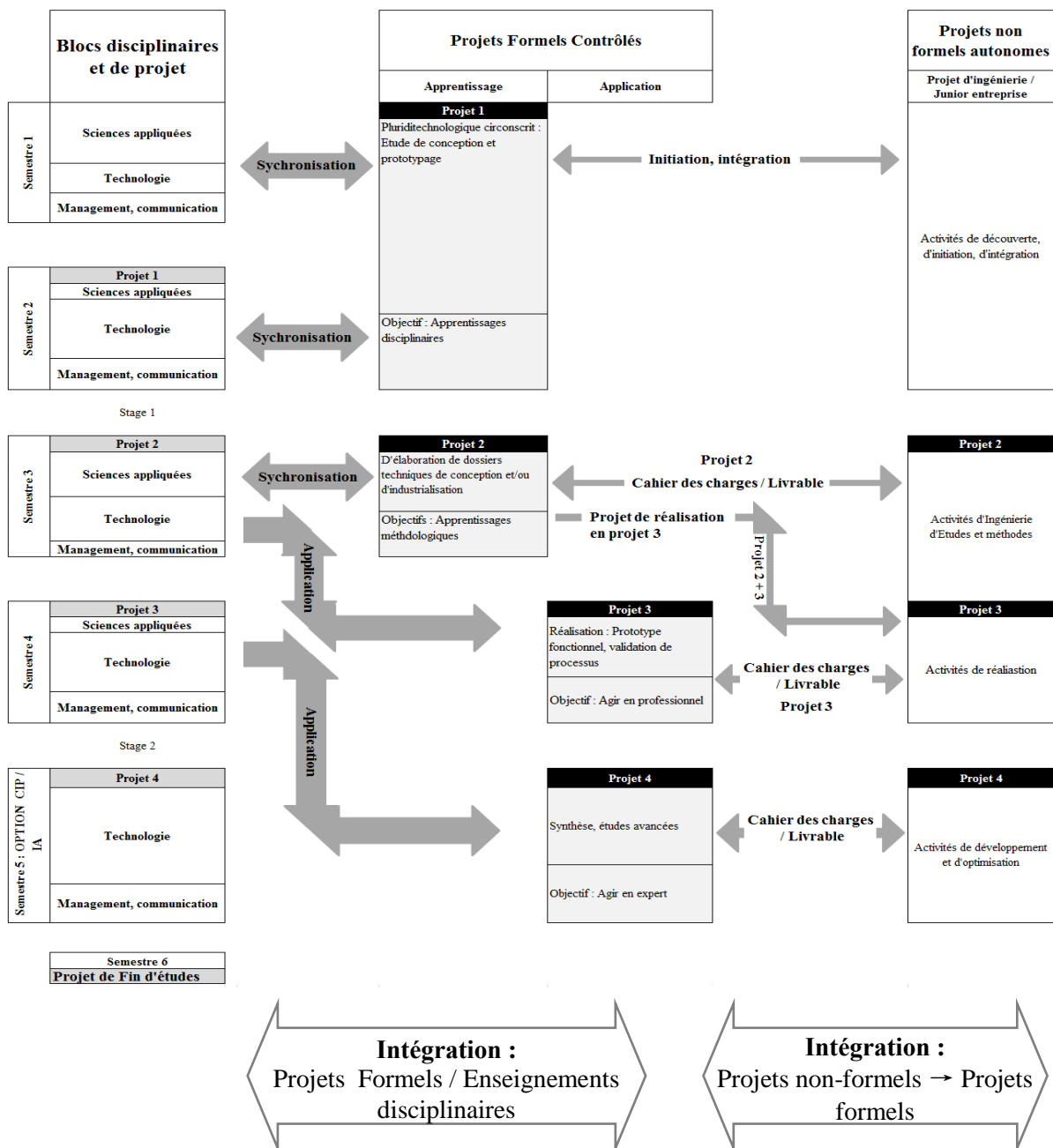
Les projets formels où le futur ingénieur apprend dans une posture d'élève et d'apprenti. Ils sont conçus dans l'alignement pédagogique et la synchronisation des apprentissages à travers deux pré-projets de 1ère et de 2ème année et un projet d'application avancé en semestre d'option (troisième année). Leur évaluation doit rendre compte, entre autres, des apprentissages disciplinaires.

Les projets non-formels servent à apprendre dans une posture d'ingénieur et d'expert. Ils proposent des activités volontaires à travers des projets autonomes pluridisciplinaires offrant des activités sur toute la durée de la formation. Le projet de fin d'étude du semestre 6 est à considérer à part, il est réalisé en entreprise.

La figure 1 représente les modalités de synchronisation, d'application et autonomes de la mise en œuvre des modules de projet en rapport avec les blocs des modules disciplinaires.

Le projet 1 (semestres 1 et 2) : Il est circonscrit et focalisé sur les apprentissages disciplinaires et n'exige pas de produire des prototypes fonctionnels. Les étudiants participent aux projets autonomes pour s'initier et appréhender les problèmes réels. Ce projet est réalisé sur toute l'année et donne lieu à des évaluations écrites et à l'évaluation de la présentation, en groupe, du rapport final du projet.

FIGURE 1



Modèle de mise en œuvre combinée de projets formels et non-formels

Le projet 2 (Semestre 3) : Il porte sur l'élaboration d'un dossier d'étude et/ou d'industrialisation. Il est synchronisé avec les apprentissages disciplinaires du semestre comme le projet 1. Un projet autonome peut être intégré en projet 2 sur la base d'un cahier des charges.

Le projet 3 (Semestre 4) : Il a un caractère d'application des acquis du semestre 2 en poursuivant le projet 2 dans sa phase de réalisation. Un projet autonome peut être intégré en projet 3 sur la base d'un nouveau cahier des charges ou dans la poursuite du projet 2.

Le projet 4 (Semestre 5) : est un projet d'option, il consiste en une étude avancée, mobilisant les acquis des semestres précédents. Un projet autonome peut être intégré en projet 4 sur la base d'un cahier des charges.

RÉFÉRENCES

Aguirre, E., & Raucant, B. (2002). L'apprentissage par projet... Vous avez dit projet ? Non, par projet. In *Actes du 19ème colloque de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire (AIPU)*, Louvain-la-Neuve-Belgique. Retrieved from http://tecfa.unige.ch/proj/cvs/semin/doc_semin2/ColloqueAIPU/projets.pdf.

Baines, A., De Barger, A. H., De Vivo, K., Warner, N., Brinkman, J., & Santos, S. (2015). *What is rigorous project-based learning?* San Rafael, CA: George Lucas Educational Foundation.

Condliffe, B., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., & Saco, L. (2016). *Project-based learning: A literature review*. New York: MDRC.

Diehl, W., Grobe, T., Lopez, H., & Cabral, C. (1999). *Project-based learning: A strategy for teaching and learning*. Boston, MA: Center for Youth Development and Education.

Jones, B. F., Rasmussen, C. M., & Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. Washington, DC: American Psychological Association.

Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). Seven essentials for project-based learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34-37.

Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education – is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*. Retrieved from http://www.aace.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf.

Moursund, D. G. (1999). *Project-based learning using information technology*. Eugene, OR: ISTE.

Raynal, S., Le Méhauté, A., Angoulvant, F., & Ferguson, L. (2008). De la pédagogie de projet à la conception de projet. Construction d'un bateau pour la compétition transatlantique. *La Revue des Sciences de Gestion*, 3, 53-63.

Thomas, J. W., Mergendoller, J. R., & Michaelson, A. (1999). *Project-based learning: A handbook for middle and high school teachers*. Novato, CA: The Buck Institute for Education.

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation.

Prédiction de la difficulté des tâches prescrites

RAFIK TABBAKH¹, HÉLÈNE CHENEVAL-ARMAND²

*¹Laboratoire Didactique, Science de l'enseignement,
Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continu
Tunisie
TABBRAFF@yahoo.fr*

*²Aix Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671
13248, Marseille
France
helene.armand@univ-amu.fr*

RÉSUMÉ

Cet article a pour but d'analyser les savoir-faire des enseignants experts, par savoir-faire nous entendons la prédiction des difficultés des tâches prescrites aux élèves. Pour aboutir à ce résultat, nous avons passé un questionnaire à une dizaine d'enseignants experts de technologie, dans lequel, on les a interrogés sur le niveau de difficulté des exercices de dessin technique. L'analyse des résultats, nous a aidés à déterminer les éléments, les facteurs, et les caractéristiques des tâches prescrites, sur lesquels les enseignants experts se basent pour pouvoir prédire le niveau de difficulté. Cette caractérisation des tâches prescrites, en matière de difficulté, nous permettra dans le futur, d'établir une base de données pour concevoir un protocole de formation pour les enseignants novices de technologie.

MOTS-CLÉS

Enseignant expert, tâche, difficulté, prédiction, dessin technique

ABSTRACT

This article aims at analyzing professional teachers' expertise by listening to their predictions of difficulties of the tasks assigned to pupils. To achieve this result, we surveyed ten skilled technology teachers. We questioned them about the various levels of difficulties in technical drawing exercises. Scanning the results helped us determine the elements and the characteristics of the tasks assigned to pupils. As well as the reasons behind choosing those type of activities and considering them as a determiner of the level of difficulty. This characterization of prescribed spots regarding difficulty level will enable us in the future to establish a database that will allow us to design training protocol for the novice technology teachers.

KEYWORDS

Expert teacher, task, difficulty, prediction, technical drawing

INTRODUCTION

Les recherches en sciences de l'éducation, et notamment en didactique des disciplines s'intéressent largement aux pratiques enseignantes afin de les décrire dans leurs complexités d'une part, et de comprendre leurs effets sur l'apprentissage des élèves d'autre part.

C'est dans ce cadre que se situe cet article, en effet nous allons essayer de comprendre comment un enseignant expert de technologie peut prédire le niveau de difficulté des tâches qu'il prescrit à ses élèves. Par cette recherche on va essayer de déterminer les caractéristiques des tâches prescrites sur lesquelles les enseignants se basent pour pouvoir prédire le niveau de difficulté.

Pour aboutir à ce résultat, nous allons tout d'abord caractériser les pratiques enseignantes en déterminant les décisions prises avant la séance d'enseignement. Ensuite nous allons présenter les différents types de tâches tout en s'intéressant aux tâches prescrites. Enfin nous allons présenter le concept d'anticipation tout en essayant de le corrélérer à la notion de difficulté. Cette étude nous permettra de caractériser les tâches prescrites en termes de difficulté, ce qui nous aidera à concevoir un protocole de formation pour les enseignants novices de technologie.

LES CONCEPTS THÉORIQUES

Les pratiques enseignantes

Au sein du processus enseignement-apprentissage, l'enseignant et les élèves sont en interaction dans un contexte social en changement permanent, et pour guider cette interaction, l'enseignant produit des décisions à différentes échelles du processus enseignement-apprentissage. Les travaux sur les décisions se focalisent sur l'étude de trois phases dans le travail de l'enseignant ; la phase pré ou pro-interactive, la phase interactive, et la phase rétro-interactive (Carnus, 2001).

Notre étude s'intéresse aux décisions en phase pré-interactive, c'est-à-dire avant la séance d'enseignement –apprentissage. Pour définir les décisions pré-interactives Riff et Durant (1993, p. 84) parlent de planification et les définissent comme « *une activité d'anticipation de l'enseignant pendant la phase pré-active, c'est-à-dire une série de processus grâce auxquels un individu se représente le futur, fait l'inventaire des fins et des moyens, et construit un cadre anticipé susceptible de guider ses actions avenir* ». Riff et Durant (1993, p. 86) ont montré que les enseignants « *se préoccupent peu d'objectif d'apprentissage, s'efforcent de choisir des tâches susceptibles de maintenir les élèves en activité et d'entretenir un climat de compréhension sans conflit* ».

Pour maintenir les élèves en activité, les enseignants sont amenés à faire des choix quant aux difficultés des tâches qu'ils prescrivent, ce qui va leur permettre de faire agir les élèves dans des buts liés à la fois à la gestion du contenu et à la gestion de la classe. Dans cette perspective, cet article s'intéresse à l'étude de la difficulté des tâches prescrites par les enseignants de technologie en termes d'un savoir particulier qui est le dessin technique.

Les tâches prescrites aux élèves

Les tâches que les enseignants prescrivent sont des outils pour engager l'intérêt et l'adhésion de l'élève (Bruner, 1983), pour favoriser leur apprentissage, mais aussi pour établir ou maintenir l'ordre dans la classe (Doyle, 1986). Ainsi les tâches sont des leviers d'action importants pour tout enseignant, qui doit construire des savoir-faire afin que le jeu didactique puisse continuer à être joué avec les élèves (Maurice, 1996).

Les tâches sont aussi des moyens pour l'enseignant, pour obtenir des informations sur l'activité des élèves en termes de comportement et activité cognitive (Maurice, 1996). En psychologie ergonomique, Leplat (2000) met en évidence quatre types de tâche :

- Tâche à réaliser : ce qui est à faire
- Tâche prescrite : ce qu'il est demandé de faire au sujet
- Tâche redéfinie : ce que le sujet à l'intention de faire
- Tâche effective : ce que le sujet fait réellement

La tâche prescrite est définie par Leplat (2000, p. 17) comme étant « *celle qui figure dans les instructions, les consignes, les procédures* ». Elle est généralement conçue et attribuée par la hiérarchie au sein de l'organisation du travail. Leplat et Hoc (1983) positionnent le travail de l'enseignant dans le cas où « *la prescription est donnée à un niveau très général* ». En effet le fait d'enseigner, est une tâche que l'enseignant doit réaliser, mais qui ne donne pas lieu à des prescriptions aussi précises que dans d'autres professions dont les tâches sont parfaitement délimitées. Amigues et Lataillade (2007) présentent ce type de tâche comme des tâches discrétionnaires, « *dont le but est fixé par un prescripteur mais dont les moyens sont laissés à la discrétion du sujet* » (Murillo, 2009, p. 48).

Les tâches prescrites aux élèves sont, pour la plupart, choisies par l'enseignant, elles peuvent être à caractère didactique, comme effectuer un exercice, ou à caractère organisationnel, comme effacer le tableau. Généralement les tâches sont explicites lorsque toutes les consignes sont données, mais elles peuvent être implicites, notamment pour certaines tâches liées au contrat didactique, comme lorsque les élèves doivent prendre note sans que l'enseignant leur demande.

Dans les exercices de dessin technique¹, sujet de cet article, les enseignants ne présentent jamais une méthode pertinente à suivre, mais ils demandent aux élèves de terminer l'exercice de dessin en se basant sur des données, comme les vues présentées, le dessin d'ensemble, la vue 3D de la pièce.

Dans cette étude les tâches qui sont présentées aux enseignants, pour être évaluées en termes de difficulté, sont des exercices de dessin technique. Ce sont donc des tâches prescrites explicites qui ont le caractère discrétionnaire. L'évaluation de ces tâches en termes de prédiction des difficultés a une incidence directe sur l'activité des élèves et le pilotage de la classe.

Prédiction de la difficulté

Notion d'anticipation / de prédiction / d'attente

Rosen (1985) définit l'anticipation comme étant un système qui contient un modèle prédictif de lui même et /ou de son environnement lui permettant de changer son état en fonction des prédictions sur les instant futur. Selon cette définition, l'anticipation et la prédiction s'inscrivent dans une logique temporelle commune qui porte à la fois sur le présent et le futur. L'anticipation se distingue de la prédiction en termes d'action, et d'intentionnalité. L'anticipation est définie dans une perspective de réflexion et d'action, alors que la prédiction dans une perspective de réflexion, de représentation du futur, et de passivité.

Huron (2006) définit l'attente comme étant une forme de connaissance mentale ou corporelle de l'arrivée vraisemblable d'un événement ou une classe d'événement, donc l'attente fait appel à un état anticipé sous forme de signal équivalant à un état préparatoire lors de son apparition. L'attente diffère donc de la prédiction, qui est une représentation explicite du futur en

¹ Dessin de définition, sans la réalisation de la cotation

termes d'activation et de représentation. En effet lorsqu'un individu fait appel à sa connaissance, en particulier de nature causale, on parle de prévision et donc d'activation explicite, alors que lorsque sa réponse est préparée de façon non consciente pour faire face aux événements d'une situation qu'il connaît en partie on parle d'attente, et donc d'activation implicite (Denecker, 1999).

Dans cette recherche nous parlerons de prédiction, puisqu'il s'agit de déterminer les savoir-faire des enseignants sur la prédiction du niveau de difficulté des exercices qu'ils vont utiliser lorsqu'ils préparent la séance d'enseignement-apprentissage.

Notion de difficulté

Les psychologues définissent la difficulté à partir de deux moments distincts de la réalisation de la tâche : avant l'exécution, et au cours de l'exécution. Avant l'exécution, la difficulté est présentée comme étant « *une estimation a priori du niveau d'exigence de la tâche à accomplir, ou de la propriété du succès* » (Delignières, 1993, p. 1). Au cours de l'exécution, la difficulté est présentée comme étant la perception du niveau d'exigence de la tâche à réaliser (Delignières, 1993). Delignières (1993, p. 2) présente la difficulté face à une tâche comme étant une « *réalité objective dont le sujet se forge une représentation* ». À partir de cette définition, Delignières (1993) distingue deux types de difficulté :

- Difficulté objective : Utilisé comme descripteur de la tâche et de son niveau d'exigence. Il s'agit d'une caractéristique absolue, dans le sens où elle est indépendante de l'activité particulière d'un sujet ou des ressources dont il dispose. Cette difficulté doit pouvoir être décrite et / ou mesurée en ne faisant référence qu'à une analyse des contraintes par la construction d'échelle appropriée.
- Difficulté relative : Se rapporte aux ressources disponibles chez le sujet. Autrement dit, une tâche de difficulté objective donnée pourra être par exemple facile pour un premier sujet et très difficile pour un second. La difficulté relative dans ce cas est un des descripteurs du système tâche-sujet, et pourra être définie comme le rapport demande de la tâche / ressources disponibles.

On parle dans ce cas de difficulté réelle. Dans cette recherche nous nous intéressons aux difficultés objectives perçues par les enseignants. Une échelle d'analyse sera établie (Annexe I) pour déterminer le niveau de difficulté de la tâche.

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Afin d'analyser les pratiques des enseignants experts en terme de niveau de difficulté des tâches qu'ils prescrivent à leurs élèves, nous avons eu recours à un questionnaire auprès de dix enseignants experts de technologie.

Le contexte de la recherche est présenté dans le tableau 1 :

TABLEAU 1
Contexte de la recherche

Les établissements	Les enseignants travaillent dans des collèges pilotes, établissement public se situant dans le grand Tunis (gouvernorat de Tunis-Ben Arous-Manouba-Khaznadar).
Les enseignants	Nous avons choisi des enseignants experts en se basant sur les critères fournis par Palmer et al., (2005) : - Années d'expériences : varient de 10 à 25 ans. - Nomination/reconnaissance sociale : les enseignants travaillent dans des collèges pilotes, ils ont accédé à ce poste après un concours sur dossier, et l'approbation de l'inspecteur pédagogique. - Appartenance à un groupe professionnelle /sociale : trois des enseignants interrogé ont fait des études doctorales. - Critère de performance : tous les enseignants interrogés, ont obtenu des grades professionnels supérieurs au grade de base.
Le cours à enseigner	Il s'agit d'exercice de dessin technique. Ses exercices sont introduits sous le thème de représentation graphique. les élèves sont appelés à terminer le dessin de définition sans mettre les côtes.
La classe	Les exercices sont destinés aux élèves de 8 ^{ème} (collège). Ils sont âgés de 14 ans.

Le questionnaire est construit sous forme de section (A, B, C, D, et E). Cet article traite les informations obtenues dans les sections D et E :

Section D : Elle concerne l'évaluation des enseignants sur la prédiction du niveau de difficulté des exercices de dessin technique. Chaque exercice est présenté avec son énoncé et les données qui lui sont propres (Annexe II). Nous avons choisi d'utiliser l'échelle « DP-15 » qui est divisée en 15 échelons allons d'« *extrêmement facile* » à « *extrêmement difficile* » (Delignière, 1993, p. 6).

Section E : concerne l'évaluation des enseignants experts du niveau de difficulté des caractéristiques d'un dessin technique (Annexe III). Nous avons utilisé l'échelle DP-15.

Dans les sections E et D les enseignants sont amenés à évaluer le niveau de difficulté des exercices de dessins techniques et leurs caractéristiques, en partant du fait que les élèves ont terminé la formation de la thématique projection orthogonale. Il s'agit donc d'une évaluation absolue des difficultés que vont rencontrer les élèves. Ce type de difficulté est nommé difficultés objectives par Delignière (1993).

Pour analyser les données recueillies, nous avons tout d'abord codifié les réponses possibles de chaque question. Ensuite à l'aide du logiciel SPSS, nous avons retranscrit les résultats selon les codes préétablis.

RÉSULTATS

Prédiction du niveau de difficulté des exercices de dessin technique

Le tableau 2 nous permet d'avoir la tendance générale des réponses des enseignants en matière de niveau de difficulté.

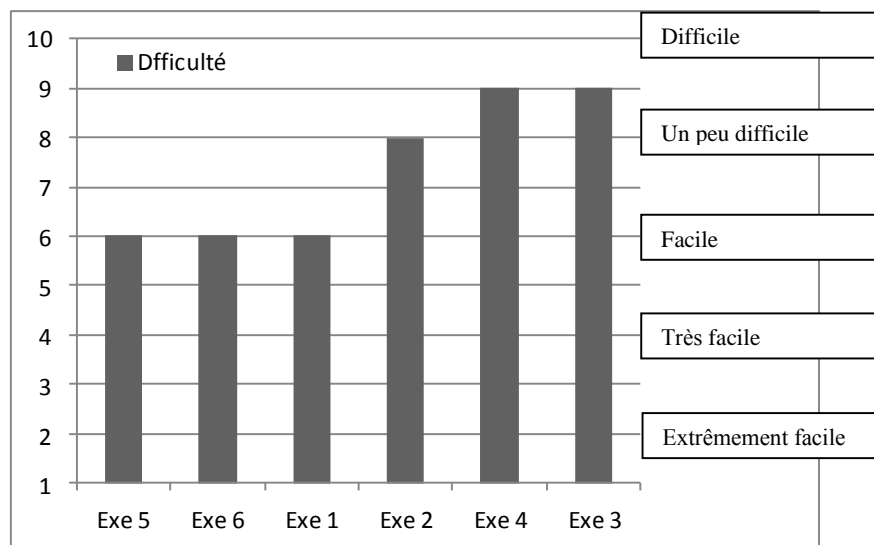
Pour classer les exercices on va se référer à la médiane parce qu'elle a l'avantage d'être relativement sensible aux valeurs extrêmes, et représente un indicateur de la distribution des appréciations données par les enseignants.

TABLEAU 2
Prédiction du niveau de difficulté par les enseignants experts

	difficulté exe1	difficulté exe2	difficulté exe3	difficulté exe4	difficulté exe5	difficulté exe6
Médiane	6,00	8,00	9,00	9,00	6,00	6,00
Écart-type	1,215	0,756	0,976	1,618	2,116	1,826
Minimum	5	7	8	6	2	2
Maximum	8	9	11	10	9	7

La figure 1 représente le classement des exercices en matière de difficulté.

FIGURE 1



Classement des exercices selon le niveau de difficulté

Une première interprétation de la figure 1, montre que les exercices qui ont été choisi pour être évalué varient du niveau facile au niveau difficile, cette tendance confirme les résultats de Riff et Durant (1993) quant aux choix de niveau de difficulté dans un but de maintien du jeu didactique.

Prédiction du niveau de difficulté des caractéristiques d'un dessin technique

Pour classer les caractéristiques d'un dessin technique, nous nous sommes appuyés sur la même démarche statistique utilisée pour classer les exercices.

Le tableau 3 représente les résultats obtenus en matière de difficulté prédite par les enseignants selon les différents items.

TABLEAU 3
Prédiction du niveau de difficulté des caractéristiques d'un dessin technique

Item A : Donnée concernant l'exercice	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Niveau de difficulté	9	6	6	4	3	5	5	7

Item B : Contenu de l'exercice	B1 : périmètre des vues données	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17
	Niveau de difficulté	5	6	6	5	8	6	6
	B2 : périmètre des vues n'est pas données	B21	B22	B23	B24	B25	B26	
	Niveau de difficulté	6	8	7	8	8	8	

Item C : Utilisation de la charnière	C1	C2	C3
Niveau de difficulté	6	4	8

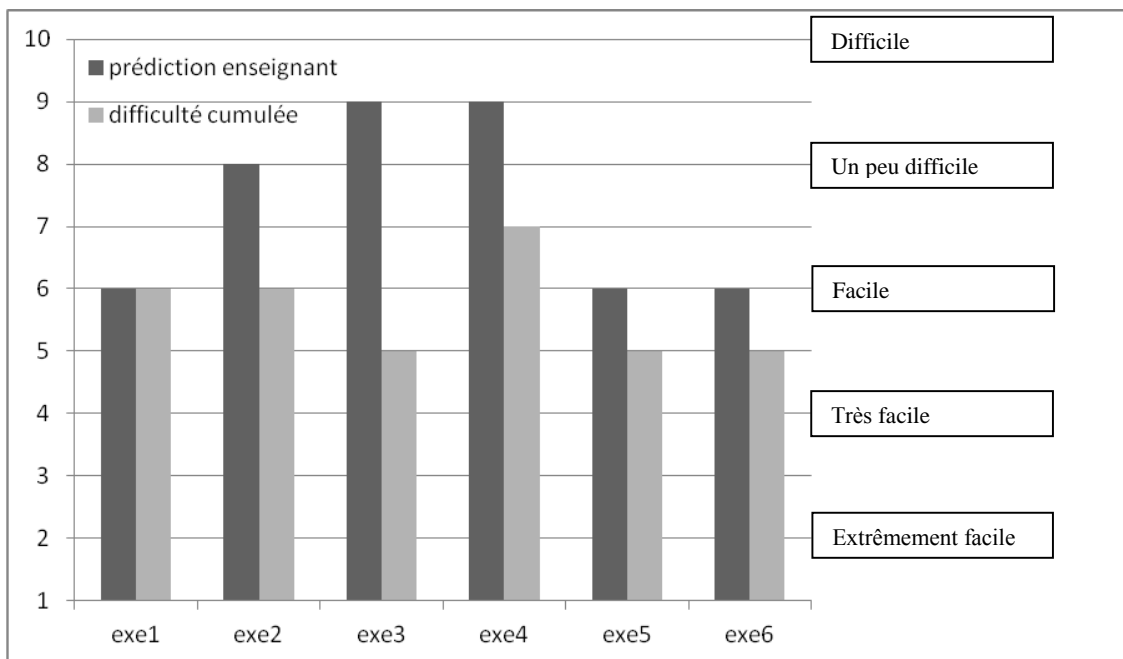
Item D : opération technique réalisée sur la pièce à dessiner	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Niveau de difficulté	3	3	4	4	5	7	3	6

Comparaison entre le niveau de difficulté prédit par les enseignants et le niveau de difficulté cumulé à partir des caractéristiques d'un dessin technique

Pour chaque exercice, on a déterminé ses caractéristiques, puis on a cherché son niveau de difficulté en faisant la moyenne de la difficulté de ses caractéristiques, prédites par les enseignants. Le niveau de difficulté trouvé sera arrondi en nombre entier pour être conforme à l'échelle utilisée pour l'estimation.

La figure 2 représente la comparaison entre le niveau de difficulté prédit par les enseignants et le niveau de difficulté cumulé des caractéristiques de chaque exercice.

FIGURE 2



Comparaison du niveau de difficulté prédite par les enseignants à celui obtenu par cumulation des niveaux de difficulté des caractéristiques

DISCUSSION

L'analyse des résultats obtenus nous indique qu'il y a une différence entre le niveau de difficulté obtenu à partir des caractéristiques de l'exercice et celui prédit par les enseignants.

Cette différence est presque négligeable pour les exercices 1, 5, et 6 alors qu'elle est plus importante pour les exercices 2, 3, et 4.

Pour interpréter cette différence majeure des niveaux de difficulté obtenus, nous allons analyser chaque exercice selon les champs conceptuels nécessaires à l'apprentissage du dessin technique (Rabardel, 1989) que sont ; les codes, la géométrie, et la technologie.

En termes de code, le dessin des exercices 2, 3, et 4 présente un nombre assez important d'opération technique réalisée sur la pièce, ce qui a tendance à faire prédire, les enseignants, un niveau assez élevé de difficulté, par contre lorsque les enseignants prédisent les opérations techniques séparément (item D, tableau 3), ils ont tendance à minimiser le niveau de difficulté.

Pour les pièces composées (prismatique + cylindrique, Exe4). Les enseignants évaluent comme « un peu difficile » ce type d'exercice (item A, tableau 3).

En termes de géométrie, l'utilisation de la charnière dans les exercices 2 et 3 a biaisé les prédictions des enseignants, en effet, les enseignants ont estimé que son utilisation par les élèves est « facile » (item C, tableau 3).

En termes de technologie, les exercices 2, 3, et 4 présentent comme support pour les élèves seulement le dessin 3D de la pièce, et ne donne aucune indication sur le système à partir duquel a été prise la pièce. Cette caractéristique a été estimée comme « facile » par les enseignants (item A, tableau 3). Le dessin 3D de la pièce, indépendamment de tout autre support, est considéré par les enseignants comme un élément qui permet de faciliter l'exercice de dessin technique. Par contre, le dessin 3D n'aura plus la fonction de facilitateur s'il était accompagné d'un autre support présentant le système auquel appartient la pièce à dessiner.

Pour les exercices 1, 5, et 6 on remarque qu'il y a une concordance entre le niveau de difficulté prédit par les enseignants, et le niveau de difficulté cumulé des caractéristiques du dessin.

En termes de code, les pièces des différents exercices présentent un nombre assez réduit d'opération technique, eux mêmes évalué comme « facile » ou « très facile » par les enseignants (item D, tableau 3).

En termes de géométrie, l'exercice 1 présente une charnière, alors que dans les exercices 5 et 6 les élèves ne doivent pas utiliser de charnière pour compléter le dessin. Ces résultats concordent avec les prédictions des enseignants en termes de caractéristique du dessin technique.

En termes de technologie, seulement l'exercice 1 présente le dessin de définition comme support. Cette caractéristique est évaluée comme « un peu difficile » par les enseignants, ce qui ne concorde pas avec la prédiction du niveau de difficulté de l'exercice qui est évalué comme « facile ».

CONCLUSION

Dans cette recherche, on a étudié les pratiques des enseignants experts en termes de prédiction du niveau de difficulté des exercices évaluatifs de dessin technique. Les résultats obtenus ont été comparé avec le niveau de difficulté cumulé des caractéristiques de chaque exercice. Les résultats montrent que les enseignants ont tendance, dans certains cas, à surestimé le niveau de difficulté des exercices. L'élaboration et l'évaluation des caractéristiques d'un exercice de dessin technique

nous aident à comprendre comment les enseignants experts évaluent les tâches prescrites de dessin technique. Dans le but de professionnalisation du métier d'enseignement, le classement de ses caractéristiques en termes de difficulté, peut être utilisé dans l'élaboration d'un protocole de formation pour les enseignants novices.

RÉFÉRENCES

- Amigues, R., & Lataillade, G. (2007). Le travail partagé des enseignants : rôle des prescriptions et dynamique de l'activité enseignante. Paper presented at *Congrès international Actualité de recherche en éducation et formation*, Strasbourg, France, 28-31 Août 2007. Retrieved from http://www.congresintaref.org/actes_site.php.
- Bruner, J. S. (1983). *Le développement de l'enfant: savoir faire, savoir dire*. Paris: PUF.
- Carnus, M. F. (2001). Analyse didactique du processus décisionnel de l'enseignant d'EPS en gymnastique. Une étude de cas croisés. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse III, France.
- Delignières, D. (1993). La perception de l'effort et de la difficulté. In J. P. Famose (Éd.), *Cognition et performance* (pp. 183-218). Paris: INSEP.
- Denecker, P. (1999). Les composantes symboliques et subsymboliques de l'anticipation dans la gestion des situations dynamiques. *Le Travail Humain*, 62(4), 363-385.
- Doyle, W. (1986). Paradigmes de recherche sur l'efficacité des enseignants. In M. Crahay & D. Lafontaine (Eds), *L'art et la science de l'enseignement* (pp. 435-482). Bruxelles: Labor.
- Huron, D. B. (2006). *Sweet anticipation: music and the psychology of expectation*. Cambridge: The MIT.
- Leplat, J. (2000). *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie : aperçu sur son évolution, ses modèles et ses méthodes*. Toulouse: Octarès.
- Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49-63.
- Maurice, J.-J. (1996). *Modélisation du savoir-faire de l'enseignant expérimenté : adaptation aux contraintes, anticipation, négociation, pilotage de la classe par les tâches scolaires*. Thèse de doctorat non publiée, Université Pierre Mendès-France, Grenoble II, France.
- Murillo, A. (2009). *Quels choix des enseignants quant au niveau de difficulté des tâches prescrites à leur classe? En lecture, au cours préparatoire*. Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail, Toulouse II, France. Retrieved from <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00475071/document>.
- Palmer, D. J., Stough, L. M., Burdenski, Jr, T. K., & Gonzales, M. (2005). Identifying teacher expertise: An examination of researchers' decision making. *Educational Psychologist*, 40(1), 13-25.
- Rabardel, P. (1989). Recherches en psychologie et en didactique: Un exemple d'interactions dans l'enseignement du dessin technique. *Revue Française de Pédagogie*, 89, 55-62.
- Riff, J., & Durand, M. (1993). Planification et décision chez les enseignants: Bilan à partir des études en éducation physique et sportive, analyses et perspectives. *Revue Française de Pédagogie*, 103, 81-107.
- Rosen, R. (1985). *Anticipatory Systems*. Oxford: Pergamon Press.

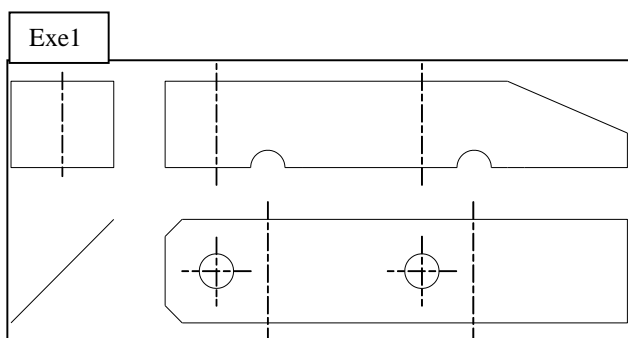
ANNEXE I

Échelle de cotation DP-15 pour la perception de la difficulté.

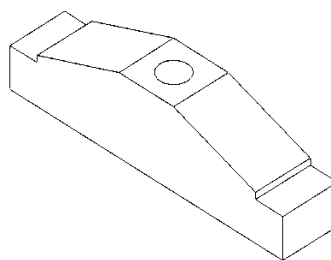
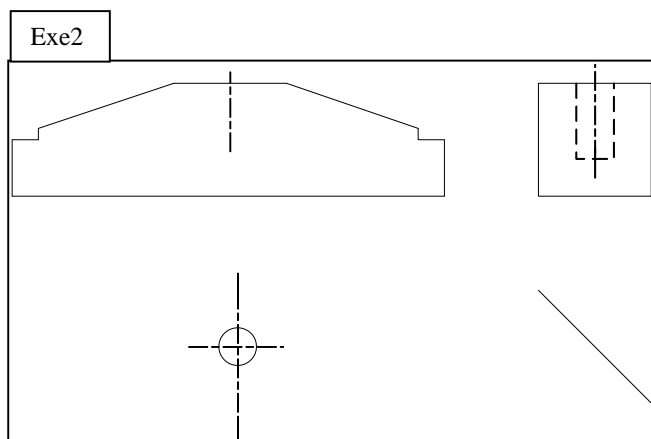
1	
2	Extrêmement facile
3	
4	Très facile
5	
6	Facile
7	
8	Un peu difficile
9	
10	Difficile
11	
12	Très difficile
13	
14	Extrêmement difficile
15	

ANNEXE II

Les exercices de dessin technique

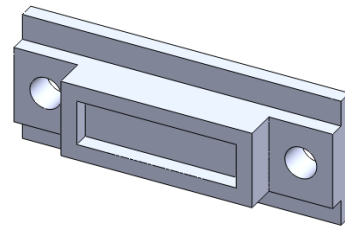
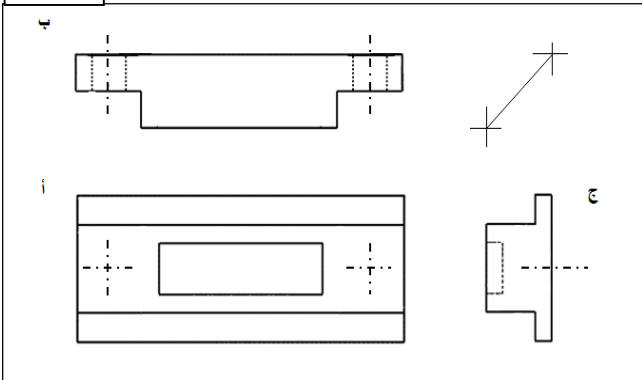


Question : À partir du dessin d'ensemble du système, compléter les trois vues de la pièce 2 selon les traits qui conviennent.



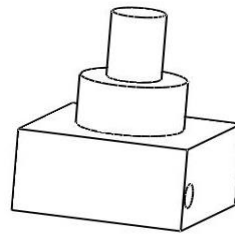
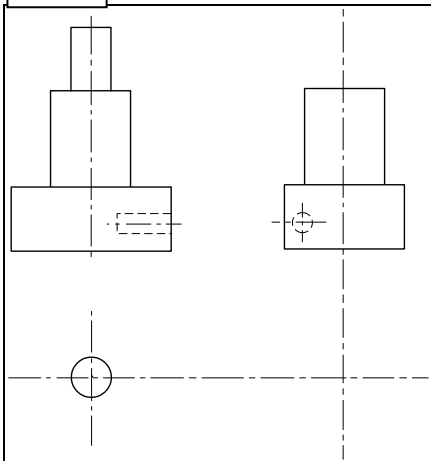
Question : Compléter les différentes vues en vous appuyant sur le dessin 3D de la pièce.

Exe3



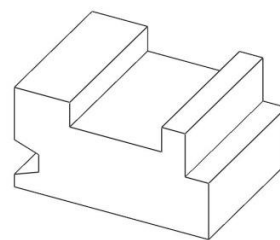
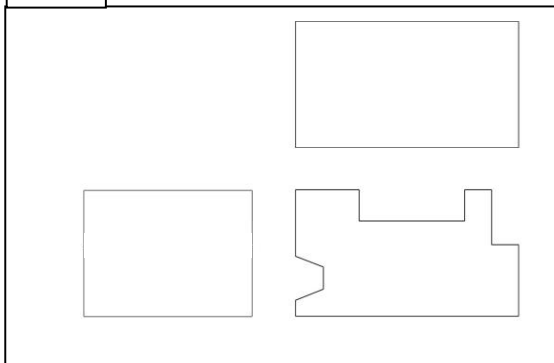
Question : Compléter les différentes vues en vous appuyant sur le dessin 3D de la pièce.

Exe4

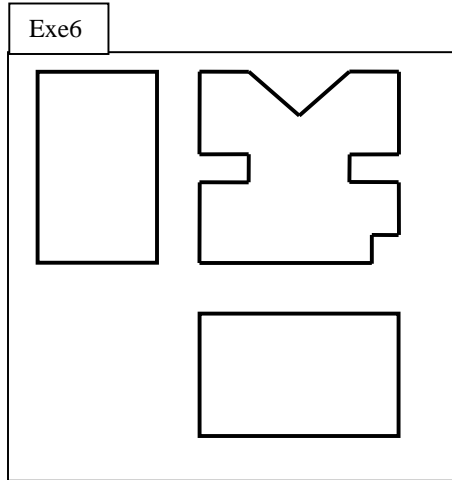


Question : Compléter la vue de dessus et la vue de gauche en vous appuyant sur le dessin 3D de la pièce.

Exe5



Question : - Compléter la vue de dessous
- Compléter la vue de droite



Question : Compléter les différentes vues selon ce qu'il convient

ANNEXE III

Les caractéristiques d'un dessin technique

Caractéristiques de l'exercice de dessin technique	
Item A - Donnée concernant l'exercice	
A1- L'exercice contient un dessin d'ensemble dans lequel se trouve la pièce à dessiner	
A2- L'exercice contient un dessin 3D de la pièce à dessiner	
A3- L'exercice contient un dessin d'ensemble dans lequel se trouve la pièce à dessiner et son dessin 3D	
A4- Sur le dessin 3D de la pièce à dessiner la vue de face est indiquée par une flèche	
A5- Sur le dessin 3D de la pièce à dessiner, les différentes faces et opération technique réalisée sur cette pièce sont coloré	
A6- La pièce à dessiner est une pièce prismatique	
A7- La pièce à dessiner est une pièce cylindrique	
A8- La pièce à dessiner est une pièce composée (prismatique + cylindrique)	
Item B - Contenu de l'exercice (le dessin admet 3 vues)	
B1- Le périmètre de toutes les vues est donné	B11- Dans l'exercice il est demandé de compléter une seule vue(les autres vues sont complétées)
	B12- Dans l'exercice il est demandé de compléter deux vues (l'autre vue est complète)
	B13- Dans l'exercice il est demandé de compléter une seule vue et quelque détail sur les autres vues
	B14- Dans l'exercice il est demandé de compléter quelque détail dans les trois vues
	B15- Dans l'exercice il est demandé de compléter la vue de face
	B16- Dans l'exercice il est demandé de compléter la vue de droite ou de gauche
	B17- Dans l'exercice il est demandé de compléter la vue de dessous ou de dessus
B2- Le périmètre des vues a complété n'est pas donné	B21- Dans l'exercice il est demandé de compléter une seule vue(les autres vues sont complétées)
	B22- Dans l'exercice il est demandé de compléter deux vues (l'autre vue est complète)
	B23- Dans l'exercice il est demandé de compléter une seule vue et quelque détail sur les autres vues
	B24- Dans l'exercice il est demandé de compléter la vue de face
	B25- Dans l'exercice il est demandé de compléter la vue de droite ou de gauche
	B26- Dans l'exercice il est demandé de compléter la vue de dessous ou de dessus
Item C - Utilisation de la charnière	
C1- Dans l'exercice il y a une charnière qui sera utilisée par l'élève pour résoudre l'exercice	
C2- Pour compléter le dessin l'élève n'utilise pas de charnière	
C3- Dans l'exercice il n'y a pas de charnière, et l'élève la doit dessiner pour pouvoir compléter le dessin	
Item D - Opération technique réalisée sur la pièce à dessiner	
D1- La pièce à dessiner contient une entaille	
D2- La pièce à dessiner contient une rainure en U	
D3- La pièce à dessiner contient une rainure en V	
D4- La pièce à dessiner contient une rainure en T	
D5- La pièce à dessiner contient un trou débouchant	
D6- La pièce à dessiner contient un trou borgne	
D7- La pièce à dessiner contient un chanfrein	
D8- La pièce à dessiner contient un arrondi	

Quelles conditions influencent la réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de cycle 3 (grade 4 et 5) ?

ANTONIN BOYER, DAMIEN GIVRY

*Aix Marseille Université, ENS Lyon, ADEF EA 4671,
13248, Marseille
France*

*antonin.boyer@etu.univ-amu.fr
damien.givry@univ-amu.fr*

RÉSUMÉ

Cette étude décrit les premiers résultats d'une étude exploratoire qui s'intéresse aux conditions de la tâche qui peuvent avoir un effet sur l'activité de réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de cycle 3. Les conditions étudiées dans cette étude sont le nombre d'éléments que comprend la chaîne énergétique, le nombre total d'objets présentés aux élèves sur chaque image ainsi que le type d'objets auquel les images font référence. Une méthodologie de type enquête à partir de questionnaire a été mise en place pour comprendre ces effets. Les résultats montrent que la taille de la chaîne et le nombre d'objets présents sur l'image ont un impact sur la réalisation de chaînes « complètes » par les élèves. En revanche le type d'objets auquel les images font référence semble n'avoir que peu d'influence.

MOTS-CLÉS

Didactique des sciences, tâche-activité, registres sémiotiques, chaîne énergétique, école primaire

ABSTRACT

This study describes the first results of an exploratory study focused on the conditions of the task that may affect how grade 4/5 students make energetic chains. The conditions observed in this study are the number of elements included in the energetic chain, the total number of objects presented to the students on each picture and the type of objects that the pictures refer to. A methodology type survey from questionnaire was implemented to understand these effects. The results show that the size of the chain and the number of objects on the picture have an impact on the energetic chains made by the students, while the type of objects that the pictures refer to appears to have little influence.

KEYWORDS

Didactic of sciences, Task-activity, semiotic registers, energetic chain, primary school

INTRODUCTION

Les différentes caractéristiques du concept d'énergie présentent un grand nombre de difficultés pour l'enseignement et l'apprentissage. C'est un concept à propos duquel les élèves possèdent de nombreuses conceptions dans différentes disciplines scolaires (Duit, 1981; Watts, 1983; Chabalengula, Sanders, & Mumba, 2011; Bodzin, 2012). Ce concept est présenté

de manière fractionnée dans les différentes disciplines scolaires (Koliopoulos & Ravanis, 2000) et ne possède pas de terminologie commune entre les enseignants, les élèves et les programmes scolaires (Bruguière, Sivade & Cros, 2002). De plus, le concept d'énergie est constitué de différentes facettes et peut être abordé selon différents points de vue (Besson & Ambrosis, 2014). Pour pallier ces difficultés, il semble nécessaire de présenter aux élèves ce concept à travers une approche qui soit : globale (Morge & Buty, 2014), interdisciplinaire (Bruguière et al., 2002) et qui mette en avant les liens entre science et société (Doménech et al., 2007). À ces fins, certaines recherches recommandent l'utilisation du modèle de la chaîne énergétique. Ce modèle est recommandé pour : (a) sa nature trans-phénoménologique (Papadouris & Constantinou, 2011) qui permet une approche globale, (b) son utilisation possible dans différentes disciplines (Bruguière et al., 2002), ainsi que (c) son ancrage dans les problèmes de société (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012; Vince & Tiberghien, 2012).

Cette étude s'inscrit dans un projet de recherche concernant les processus d'enseignements-apprentissages du concept d'énergie à l'école primaire. Ce projet s'intéresse plus particulièrement à l'efficacité de l'utilisation d'un modèle de la chaîne énergétique sur les apprentissages des élèves de cycle 3. Les analyses présentées correspondent à une première étude exploratoire sur la réalisation de chaînes énergétiques par des élèves de CM1-CM2 (grade 4 & 5). L'objectif de cette exploration est de dégager quels paramètres sont susceptibles d'influencer la construction de chaînes énergétiques par les élèves.

CADRE THÉORIQUE

Notre recherche se situe dans le champ de la didactique des sciences et s'ancre dans la théorie de l'activité (Engeström, 2001) qui pour Ginestier et Tricot (2013) permet de comprendre le fonctionnement et les mécanismes à l'œuvre dans un système didactique considéré. L'articulation tâche-activité, permet de caractériser ce que font les sujets dans une situation donnée à partir de l'analyse de la tâche. C'est sur les facteurs inhérents à cette tâche que se centre notre étude. Afin de décrire ces facteurs notre étude s'appuie sur les facettes du savoir (Givry & Andreucci, 2015) mis en avant dans la tâche et sur les registres sémiotiques (Pozzer-Ardenghi, 2009) qu'elle mobilise. L'activité des élèves (Engeström, 2001) a été caractérisée à travers leurs productions écrites, afin de comprendre l'influence de ces facteurs.

La distinction entre tâche et activité est un élément central de la théorie de l'activité (Rogalski, 2008). Leont'ev définit la tâche comme « le but à atteindre dans des conditions spécifiques » (Leont'ev, 1978 p. 102). Dans notre recherche, le but à atteindre est spécifié par : l'énoncé écrit (demandant de réaliser une chaîne énergétique) et les conditions (qui dépendent essentiellement des objets représentés sur les images)

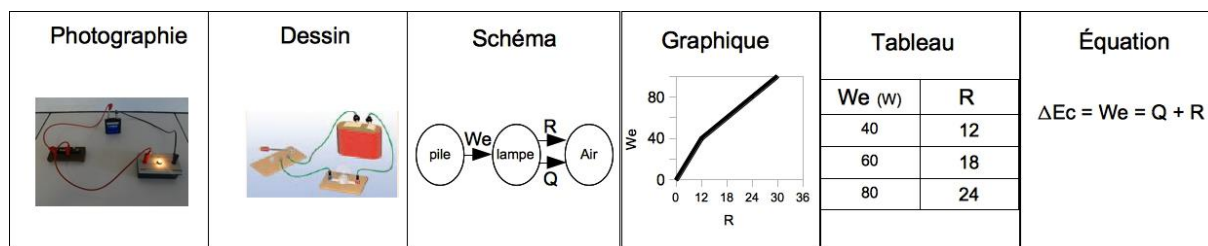
De plus, Nous avons considéré que la tâche était principalement conditionnée par les registres sémiotiques dans lesquels elle était présentée, qui dépendent eux-mêmes des facettes du savoir qui sont mises en jeux.

Registres de représentation sémiotique

Une des spécificités des disciplines scientifiques est de faire appel à des systèmes sémiotiques multiples (langage naturel, formule, graphique, dessin...) pour représenter les concepts à l'écrit (figure 1). En ce qui concerne l'enseignement des sciences, Pozzer-Ardenghi (2009) identifie pour les inscriptions écrites, sept formes de représentations privilégiées : photographie, dessin, schéma, graphique, tableau, équation et langage naturel¹.

¹ En référence aux travaux en linguistique, l'expression « langage naturel » désigne ici le langage ordinaire (par opposition aux langages formels tel que le langage informatique) dont la complexité de même que les caractères acquis, artefactuel, socialisé et socialisant n'en sont pas pour autant évacués.

FIGURE 1



Exemple du concept de transfert représenté dans différents registres sémiotiques

La figure 1 illustre ces différents registres sémiotiques à propos du concept de transfert d'énergie. Elle permet de montrer que chaque type de représentation donne à voir des éléments de savoir différents (que nous décrivons à travers le terme de "facette").

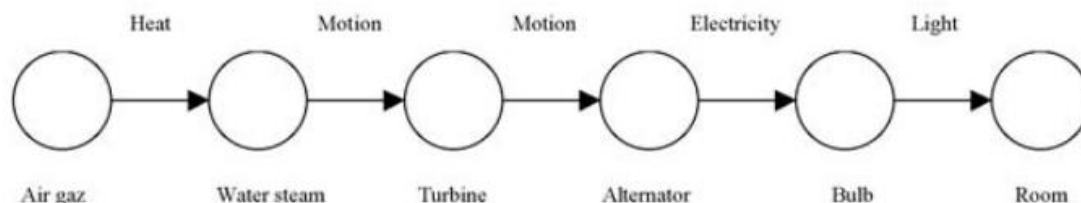
De plus, ces différents registres de représentation n'offrent pas les mêmes possibilités de traitement d'un point de vue cognitif. Pozzer-Ardenghi (2009) considère qu'à l'exception du langage naturel (pouvant impliquer l'ensemble des différents degrés d'abstraction), il existe une graduation allant des représentations les plus concrètes comme la photographie et le dessin (relevant du champ empirique), vers d'autres plus abstraites comme le graphique, le tableau ou l'équation (se rapportant au champ théorique).

Dans notre étude, nous avons fait le choix de nous focaliser sur le registre sémiotique du schéma pour représenter un modèle de chaîne énergétique. Nous considérons ce registre comme particulièrement intéressant, car il permet de faire apparaître sur une même représentation des éléments des champs empirique (objets et événements) et théorique (théorie et modèle). Il permet d'obtenir un bon équilibre entre niveau d'abstraction et représentation concrète.

Facettes de la chaîne énergétique dans le registre sémiotique du schéma

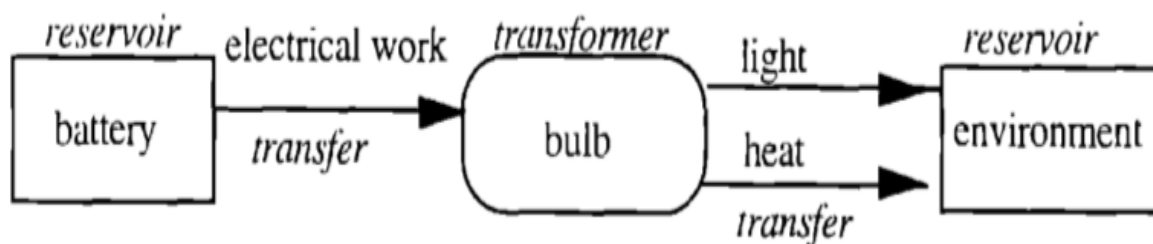
À l'intérieur du registre sémiotique du schéma, il existe différentes représentations (par exemple, figure 2, 3 et 4) du modèle de la chaîne énergétique qui mettent en jeu des facettes différentes du savoir. Le modèle de la chaîne énergétique, a été initialement conçu pour répondre à des problèmes de mécanique et de thermodynamique. Il met en effet l'accent sur les transformations de l'énergie et ses transferts (Devi, Tiberghien, Baker & Brna, 1996). Ce modèle est basé sur le raisonnement linéaire causal. Il intègre, le stockage, les transformations, les transferts, la conservation, et la dégradation comme principales propriétés du concept d'énergie (Koliopoulos & Argyropoulou, 2012).

FIGURE 2



Représentation schématique de l'explication qualitative de l'éclairage d'une lampe à partir d'un bec bunsen (Lemeignan & Weil-Barais, 1994 cité par Koliopoulos & Argyropoulou, 2012)

FIGURE 3



Exemple de chaîne énergétique, solution idéale pour l'expérience de la lampe (Devi et al., 1996)

FIGURE 4

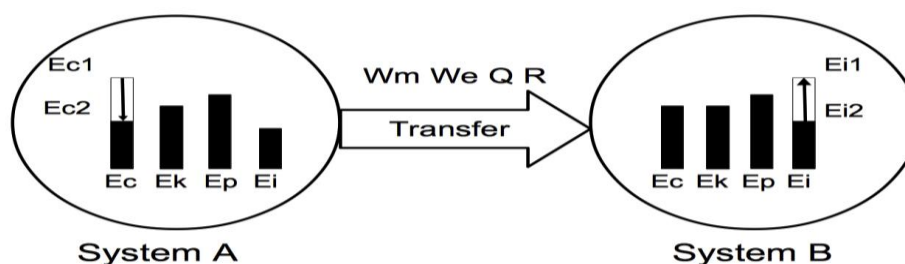


Diagramme décrivant la transformation d'énergie dans les systèmes (A et B) et les transferts d'énergie entre ces deux systèmes (Givry & Pantidos, 2015)

Dans chacune des représentations précédentes : les flèches symbolisent les transferts d'énergie (travail mécanique, travail électrique, chaleur ou rayonnement) et les formes géométriques (cercle, rectangle...) sont utilisées pour décrire les systèmes. Sur la figure 3, les formes varient pour mettre en avant la distinction entre les transformateurs et les réservoirs. La figure 4 détaille certaines transformations des formes d'énergie [énergie chimique (E_c), cinétique (E_k), potentiel (E_p) ou interne (E_i)] à l'intérieur d'un système.

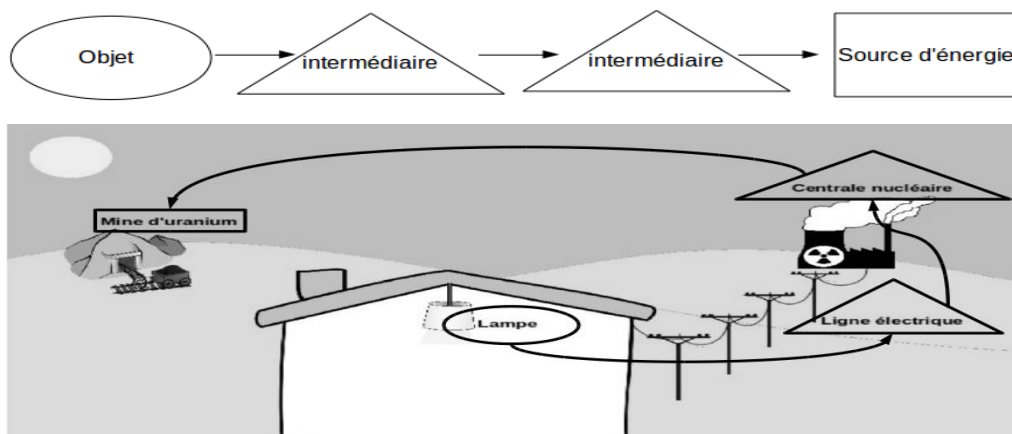
À partir de ces précédents travaux, nous avons élaboré un modèle particulier de la chaîne énergétique pour aider les élèves de cycle 3 à mieux comprendre les enjeux, dans nos sociétés, associés à l'énergie. Ce modèle a pour objectif de permettre aux élèves de remonter aux sources d'énergie dites « primaires » en partant soit d'objets qui éclairent, chauffent où se déplacent ; soit de centrale électrique. Comme dans la figure 3, nous avons décidé d'utiliser des formes géométriques différentes (un rond pour les objets, un rectangle pour les sources naturelles et un triangle pour les objets intermédiaires). Contrairement, aux modèles précédents nous avons fait le choix d'utiliser la flèche, non pas pour représenter les transferts (qui apparaissent uniquement dans les objets qui chauffent, éclairent et se déplacent, ainsi que les centrales électriques), mais pour illustrer « d'où provient l'énergie » en remontant la chaîne jusqu'à la source d'énergie primaire. Par exemple : l'énergie d'une ampoule provient d'une ligne électrique, dont l'énergie provient d'une centrale nucléaire, dont l'énergie provient d'une mine d'uranium (Figure 5).

Conditions spécifiques de la tâche

Nous avons considéré que trois conditions (au sens de Leont'ev, 1978) étaient prépondérantes pour atteindre le but de la tâche (qui est de réaliser une chaîne énergétique en reliant par une flèche différentes formes géométriques (rond, triangle rectangle) représentant des objets, des intermédiaires et des sources d'énergie). La première en lien avec le registre du schéma est le

nombre d'éléments reliés par des flèches que contiennent chaque chaîne énergétique et qui diffère en fonction du type d'objets. La deuxième en lien avec le registre du dessin est le nombre d'objets représentés sur chaque image qui comprend le nombre d'éléments qui composent la chaîne, ainsi qu'un nombre variable d'objets qui ont un rôle de leurre. Enfin nous considérons que la tâche est également conditionnée par le type d'objet représentés, en fonction des connaissances sur l'énergie que les élèves ont sur ces objets.

FIGURE 5



Modèle de la chaîne énergétique et exemple d'application du modèle utilisé dans cette étude

Conditions spécifiques de la tâche

Nous avons considéré que trois conditions (au sens de Leont'ev, 1978) étaient prépondérantes pour atteindre le but de la tâche (qui est de réaliser une chaîne énergétique en reliant par une flèche différentes formes géométriques (rond, triangle rectangle) représentant des objets, des intermédiaires et des sources d'énergie). La première en lien avec le registre du schéma est le nombre d'éléments reliés par des flèches que contiennent chaque chaîne énergétique et qui diffère en fonction du type d'objets. La deuxième en lien avec le registre du dessin est le nombre d'objets représentés sur chaque image qui comprend le nombre d'éléments qui composent la chaîne, ainsi qu'un nombre variable d'objets qui ont un rôle de leurre. Enfin nous considérons que la tâche est également conditionnée par le type d'objet représentés, en fonction des connaissances sur l'énergie que les élèves ont sur ces objets.

Tâches dans le registre du dessin

Dans la perspective d'adopter une approche globale de l'énergie, nous avons utilisé le registre du dessin comme support pour la réalisation des chaînes énergétiques par les élèves (figure 5). Ce registre permet de représenter sur une même image l'ensemble des objets pouvant servir à la réalisation d'une chaîne énergétique. Pour favoriser une approche interdisciplinaire, nous avons choisi d'introduire dans nos images des objets de type différent (vivants, « quotidiens » et centrales électriques). De plus, afin de ne pas directement donner les éléments qui composent la chaîne aux élèves certaines images comportent un nombre d'objets supérieur au nombre d'éléments qui composent la chaîne et qui ont un rôle de leurre.

Résultats de l'activité : production écrite

Pour étudier l'influence des trois conditions (définies ci-dessus) de la tâche nous proposons d'étudier les chaînes énergétiques réalisées à l'écrit par les élèves sur les différentes images de notre questionnaire. En nous appuyant sur la structure de l'activité, et sa décomposition en

activité, actions, opérations (Leont'ev, 1978) nous avons caractérisé l'activité des élèves à travers leurs productions écrites qui constituent les résultats de leurs actions. Engeström (2001) décrit l'action comme la production d'un résultat issu de l'interaction d'un objet, d'un sujet et d'instruments. Dans le cadre de cette recherche, c'est l'influence des conditions de la tâche qui est observée et l'activité a donc été reconstruite uniquement à travers les productions écrites des élèves que nous avons considérées comme le résultat de leur activité.

Nous proposons d'étudier l'impact des trois conditions de chacune des tâches de notre questionnaire sur les productions écrites de chaîne énergétique des élèves, définies par : (1) le nombre d'éléments qui composent la chaîne demandée dans l'énoncé de la question, (2) le nombre d'objets présents sur les images et (3) le type d'objets auquel l'image fait référence.

Question de recherche

Nos questions de recherche sont les suivantes : « quelles conditions de la tâche influencent la production de chaînes énergétiques dans le registre du schéma par des élèves de cycle 3 ? ». Plus particulièrement quel est le rôle : (1) du nombre d'éléments qui composent la chaîne demandée dans l'énoncé de la question, (2) du nombre d'objets présents sur les images des questions et (3) du type d'objet (quotidien, vivant, centrale) auquel l'image fait référence.

MÉTHODOLOGIE

Cette étude s'appuie sur une méthodologie de type enquête. Notre échantillon se compose de 56 élèves Français (29 filles, 27 garçons) issus d'une classe de CM1 (grade 4, enfants âgés de 9 ans) et de trois classes de CM2 (grade 5, enfants âgés de 10 ans) d'écoles publiques du sud de la France. Le faible nombre d'élèves par rapport au nombre de classes, s'explique par une passation du questionnaire en fin d'année scolaire à un moment où de nombreux élèves n'étaient plus à l'école. Il est important de souligner que les élèves de ces classes n'avaient pas reçu d'enseignement spécifique sur les chaînes énergétiques cette année-là. La tâche leur a été présentée sous forme d'un questionnaire papier, composé de trois parties. Les questionnaires ont été administrés aux élèves en présence des enseignants et des chercheurs, qui ont expliqué aux élèves les tâches qu'ils auraient à réaliser. Les élèves ont fait une pause entre chacune des trois parties du questionnaire. Les analyses présentées sont issues des parties 2 et 3 du questionnaire qui correspondent aux parties où les élèves devaient réaliser les chaînes énergétiques.

Questionnaire

La tâche réalisée par les élèves était la même dans les parties 2 et 3 du questionnaire. Ils avaient à dessiner une chaîne énergétique à partir d'une image sur laquelle étaient représentés différents objets. Pour cela, ils devaient : (a) entourer un objet qui : chauffe, est en mouvement, éclaire ou fabrique de l'électricité, (b) encadrer la source d'énergie utilisée par cet objet, (c) dessiner un triangle autour de tous les objets qui sont des intermédiaires entre l'objet de départ et sa source d'énergie (d) relier par une flèche l'ensemble des objets sélectionnés en commençant par l'objet et en remontant jusqu'à la source d'énergie. La différence entre les parties 2 et 3 du questionnaire repose sur le nombre d'objets représentés sur les images, sur lesquelles les élèves doivent dessiner la ou les chaînes énergétiques. Dans les deux parties, chaque image était accompagnée de la consigne, ainsi que d'un exemple.

La partie 2 du questionnaire se compose de 19 images : les 7 premières comportent 2 objets, les 7 suivantes sont composées de 3 ou 4 objets qui appartiennent tous à la chaîne énergétique attendue, et les 5 dernières images comportent 6 ou 7 objets, dont les objets qui correspondent aux chaînes énergétiques attendues, ainsi que deux ou trois objets qui ont un

rôle de leurre (tableau 1).

TABEAU 1

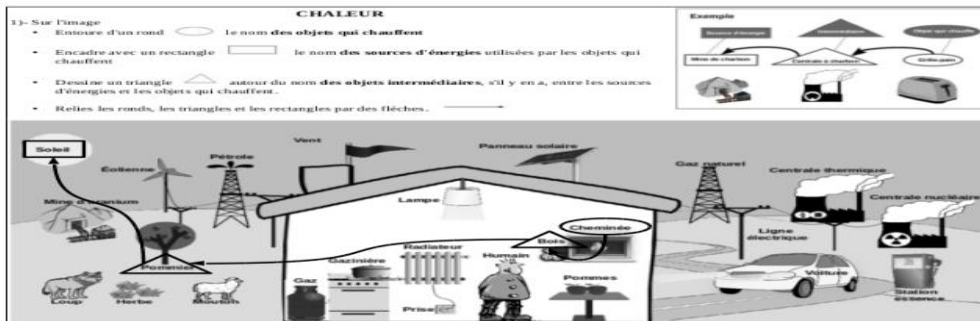
<p>1) Sur l'image : - Encadre d'un rond le nom des objets qui chauffent. - Encadre avec un rectangle le nom de la source d'énergie utilisée par les objets qui chauffent. - Dessine un triangle autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre la source d'énergie et l'objet qui chauffe. - Relie les ronds, les triangles et les rectangles par des flèches.</p>	<p>1) Sur l'image : - Encadre d'un rond le nom des objets qui chauffent. - Encadre avec un rectangle le nom de la source d'énergie utilisée par les objets qui chauffent. - Dessine un triangle autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre la source d'énergie et l'objet qui chauffe. - Relie les ronds, les triangles et les rectangles par des flèches.</p>	<p>1) Sur l'image : - Encadre d'un rond le nom des objets qui chauffent. - Encadre avec un rectangle le nom de la source d'énergie utilisée par les objets qui chauffent. - Dessine un triangle autour du nom des objets intermédiaires, s'il y en a, entre la source d'énergie et l'objet qui chauffe. - Relie les ronds, les triangles et les rectangles par des flèches.</p>
<p>Chaîne à 2 éléments</p>	<p>Chaîne à 4 éléments</p>	<p>Chaîne à 4 éléments + leurre</p>

Exemple de chaînes de tailles différentes que les élèves devaient réaliser dans la partie 2 du questionnaire

À part dans le cas des centrales électriques (centrale nucléaire et panneau solaire) et des objets qui utilisent de l'électricité, les élèves ont été amenés à construire les chaînes de manière progressive : d'abord sur une image comportant deux objets correspondant aux deux premiers éléments de la chaîne complète, puis sur une image avec les objets correspondant à tous les éléments de la chaîne, et enfin une image avec les objets correspondant à tous les éléments de la chaîne, et d'autres jouant le rôle de leurre.

La partie 3 du questionnaire se compose de 4 images sur lesquelles les élèves doivent réaliser des chaînes énergétiques en choisissant quels objets sont pertinents parmi 25 objets (figure 6).

FIGURE 6



Exemple d'une chaîne énergétique réalisée sur une image avec 25 objets de la partie 3 du questionnaire

Parmi les chaînes demandées certaines avaient déjà été réalisées dans la partie 2, alors que d'autres n'ont été réalisées que sur l'image comportant 25 objets.

Choix des chaînes analysées

Afin de pouvoir étudier l'effet des conditions de la tâche (le nombre d'éléments qui composent la chaîne, le nombre d'objets représentés sur l'image et le type d'objet), nous avons été contraints de focaliser notre analyse sur certaines questions du questionnaire.

Les chaînes analysées sont celles qui présentent les mêmes modalités de présentation dans la partie 2 du questionnaire et qui sont communes aux parties 2 et 3 du questionnaire. Seules les chaînes qui avaient été réalisées progressivement ont été prises en compte (d'abord deux éléments puis trois ou quatre) dans l'observation de l'effet du nombre d'éléments qui composent la chaîne.

De la même manière, concernant le nombre d'objets représentés sur l'image, certaines chaînes qui n'avaient pas été présentées accompagnées de leurres ont été écartées. Les types de chaînes analysées correspondent donc à des chaînes de type vivant (loup et humain), de type « quotidien » (voiture, gazinière, cheminée) et de type centrales (panneau solaire et centrale nucléaire). Les chaînes concernant des objets « quotidiens » qui utilisent de l'électricité n'ont pas été prises en compte, car les élèves avaient plusieurs possibilités de réponse et que par conséquent elles ne pouvaient pas être catégorisées en fonction du nombre d'éléments qui les composent.

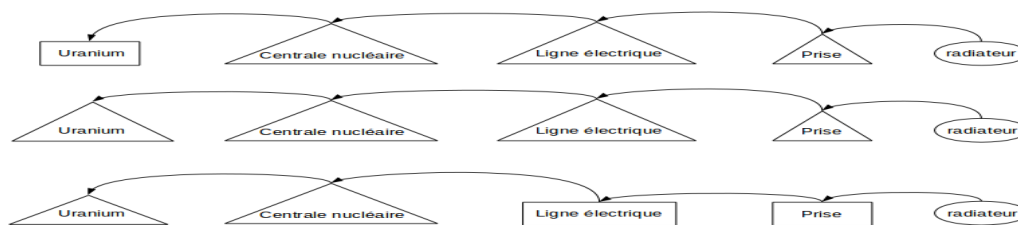
En ce qui concerne le type d'objet auquel l'image fait référence, les chaînes sélectionnées correspondent uniquement à des chaînes à 2 éléments, de manière à ce qu'elles soient toutes composées du même nombre d'éléments et que le même nombre d'objets soit représenté sur les images.

Résultats de l'activité des élèves : Codage des chaînes énergétiques

Pour réaliser les chaînes énergétiques, les élèves devaient dessiner un symbole autour de certains objets présents sur l'image puis relier les objets par des flèches dans un ordre précis (objet => intermédiaire (0, 1 ou plus) => source).

Il est apparu très tôt dans la saisie et les analyses, que les élèves avaient des difficultés avec le terme et la notion d'intermédiaire. Par conséquent les chaînes ont été codées à partir de l'ordre dans lequel les objets étaient reliés les uns aux autres. Les chaînes ont été considérées comme complètes à partir du moment où les objets choisis étaient placés dans le bon ordre et que la chaîne se terminait par l'objet représentant la source d'énergie (figure 7).

FIGURE 7



Exemple de chaînes énergétiques catégorisées comme chaînes complètes

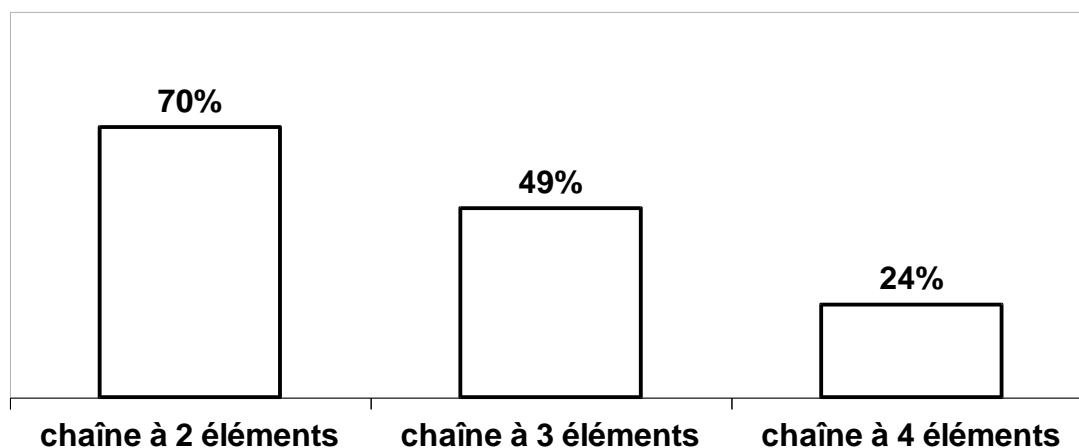
RÉSULTATS

Les résultats sont présentés sous forme de pourcentage. Ils représentent le nombre d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes sur les 56 élèves qui composent notre échantillon.

Effet du nombre d'éléments constituant la chaîne énergétique

Nos résultats montrent que plus la chaîne énergétique comporte d'éléments et moins les élèves réussissent à réaliser une chaîne énergétique complète (figure 8)

FIGURE 8



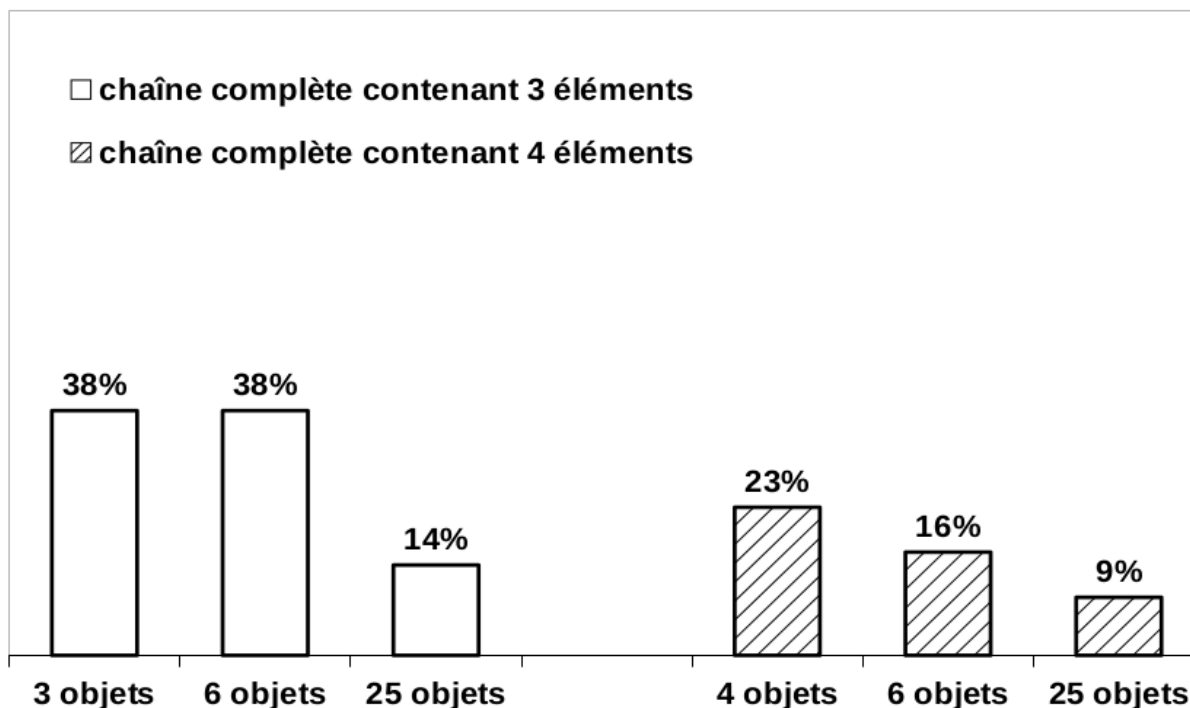
Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction du nombre d'éléments constituant la chaîne énergétique attendue

La figure 8 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction de la longueur de la chaîne attendue (2, 3 ou 4 éléments). Les résultats montrent que le nombre d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes baisse de 70 % à 24 % lorsque la longueur de la chaîne augmente de 2 à 4 éléments.

Effet du nombre d'objets présents sur l'image

Nos résultats montrent qu'il est très difficile pour les élèves de réussir à faire une chaîne énergétique complète de 3 ou 4 éléments, lorsqu'il y a 25 objets sur l'image.

FIGURE 9



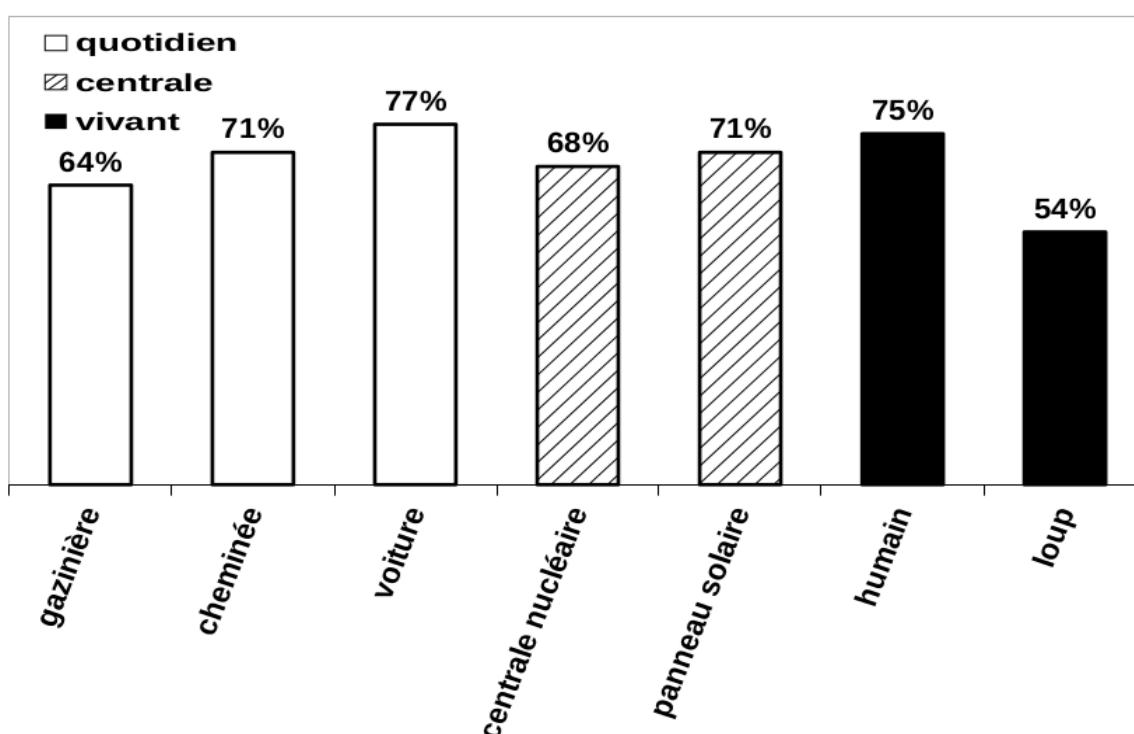
Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction du nombre d'objets présents sur l'image pour des chaînes énergétiques constituées de 3 éléments (bâtonnets blancs) et 4 éléments (bâtonnets hachurés)

La figure 9 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes énergétiques complètes en fonction du nombre d'objets (3, 6 ou 25) sur l'image pour des chaînes constituées de 3 éléments (bâtonnets blancs) et de 4 éléments (bâtonnets hachurés). Les résultats montrent que très peu d'élèves arrivent à réaliser des chaînes énergétiques complètes (14 % pour des chaînes à 3 objets et 9 % pour des chaînes à 4 objets) lorsqu'il y a 25 objets sur une image. En revanche, il ne semble pas y avoir de différence significative entre la réussite par les élèves sur les images à 6 objets et les images avec le nombre d'objets correspondant à la longueur de la chaîne (3 et 4 éléments).

Effet du type d'objet auquel l'image fait référence

Nos résultats montrent que le type d'objet auquel l'image fait référence est une condition moins déterminante que le nombre d'éléments qui composent la chaîne énergétique ou que le nombre d'objets représentés sur l'image.

FIGURE 10



Pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes en fonction de la situation dans la partie 2 du questionnaire sur des chaînes comportant 2 éléments

La figure 10 montre le pourcentage d'élèves ayant réalisé des chaînes complètes composées de deux éléments en fonction du type d'objet représentés sur les images (quotidien, centrale électrique, vivant). Sur ce graphique, on voit que la majorité (entre 64 % et 77 %) des élèves ont réalisé des chaînes complètes pour la quasi-totalité des objets (aussi bien les objets quotidiens, que les centrales électriques, que les objets faisant référence aux vivants). Parmi les objets de type « vivant », seule la chaîne énergétique utilisant un loup comme objet de départ semble poser des difficultés. En effet, seul un peu plus de la moitié (54 %) des élèves ont réussi à faire une chaîne énergétique complète dans le cas du loup. Il semble que lorsque les élèves doivent réaliser des chaînes complètes à deux éléments, excepté dans le cas du loup, le type d'objets représentés n'a pas une grande influence.

DISCUSSION-CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que les élèves ont beaucoup de difficultés à réaliser des chaînes complètes lorsque les chaînes énergétiques contiennent 4 éléments. Ils montrent également que les élèves arrivent difficilement à faire une chaîne énergétique complète lorsqu'il y a 25 objets sur les images. En revanche, le fait de rajouter 2 ou 3 objets sur l'image du questionnaire ne semble pas modifier le nombre d'élèves qui réalisent des chaînes complètes. Enfin, pour une taille de chaîne donnée, le type d'objets qui composent la chaîne ne semble quasiment pas influencer le nombre d'élèves qui réalisent des chaînes complètes.

Les conditions spécifiques de la tâche (Leont'ev, 1978) qui modifient le plus l'activité (Engeström, 2001) des élèves sont donc le nombre d'éléments qui composent la chaîne, ainsi que le nombre d'objets représentés sur chaque image. Le type d'objets, auquel les images font référence, semble avoir une influence moindre à l'exception de l'objet loup de type vivant. Il semble donc que les conditions de la tâche liées au registre sémiotique (Pozzer-Ardenghi, 2009) du schéma (pour la chaîne énergétique) et à celui du dessin (pour les objets représentés sur les images) aient une influence sur l'activité des élèves plus importante que les connaissances des élèves sur le type d'objets représentés.

Nos travaux se sont basés sur ces premiers résultats (concernant les conditions qui semblent influencer la réussite des élèves quant à la construction d'une chaîne énergétique complète) pour développer une séquence d'enseignement sur la chaîne énergétique, ainsi qu'un test d'évaluation.

La longueur de la chaîne énergétique a été fixée à 4 éléments (dans le modèle de la séquence d'enseignement, ainsi que le test d'évaluation) pour permettre une progression importante suite à la séquence d'enseignement. De plus, le modèle a été transformé en modifiant la notion d'intermédiaire (triangle sur le schéma) en source et transformateur. Finalement, la chaîne énergétique se compose de 4 éléments reliés par une flèche : (1) un objet qui chauffe, éclaire ou se déplace, (2) une source d'énergie, (3) un transformateur et (4) une ressource naturelle.

Le nombre d'objets présents sur chaque image (des tâches proposées dans le test d'évaluation) a été limité à douze. Ce nombre nous semble être un bon compromis pour ne pas donner directement les éléments pour réaliser la chaîne énergétique (c'est le cas des images à 4 objets), sans pour autant donner un nombre de choix possible trop important, qui fait chuter le nombre de réalisations correctes (c'est notamment le cas pour les images avec 25 objets).

Nous sommes en train de recueillir des données pour étudier plus finement les effets de la nature des objets sur la réalisation d'une chaîne énergétique complète par les élèves. Plus particulièrement sur les effets liés à l'introduction de chaînes énergétiques utilisant le vivant (humain, animaux) sur l'apprentissage des élèves.

RÉFÉRENCES

- Besson, U., & Ambrosis, A. D. (2014). Teaching energy concepts by working on themes of cultural and environmental value. *Science & Education*, 23(6), 1309-1338.
- Bodzin, A. (2012). Investigating urban eighth-grade students' knowledge of energy resources. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1255-1275.
- Bruguière, C., Sivade, A., & Cros, D. (2002). Quelle terminologie adopter pour articuler Enseignement disciplinaire et enseignement thématique de l'énergie, en classe de première de série scientifique ? *Didaskalia*, 20, 67-100.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and*

Mathematics Education, 10(2), 241-266.

Devi, R., Tiberghien, A., Baker, M., & Brna, P. (1996). Modelling students' construction of energy models in physics. *Instructional Science*, 24(4), 259-293.

Doménech, J. L., Gil-Pérez, D., Gras-Martí, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., & Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: a debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16(1), 43-64.

Duit, R. (1981). Students' notions about the energy concept before and after Physics instruction. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=ED229237>.

Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.

Ginestíe, J., & Tricot, A. (2013). Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 8, 9-22.

Givry, D., & Andreucci, C. (2015). Un schéma vaut-il mieux qu'un long discours ? *Education & Didactique*, 9(1), 119-141.

Givry, D., & Pantidos, P. (2015). Ambiguities in representing the concept of energy: a semiotic approach. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 9(2), 41-64.

Leont'ev, A. N. (1978). Activity, Consciousness, and Personality. Retrieved from <https://www.marxists.org/archive/leontev/works/activity-consciousness.pdf>.

Koliopoulos, D., & Argyropoulou, M. (2012). Constructing qualitative energy concepts in a formal educational context with 6-7 year old students. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(1), 63-80.

Koliopoulos, D., & Ravanis, K. (2000). Réflexions méthodologiques sur la formation d'une culture concernant le concept d'énergie à travers l'éducation formelle. *Spirale*, 26, 73-86.

Morge, L., & Buty, C. (2014). L'énergie : vers des recherches plurididactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 9-34.

Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2011). A philosophically informed teaching proposal on the topic of energy for students aged 11-14. *Science & Education*, 20(10), 961-979.

Pozzer-Ardenghi, L. (2009). Research on inscriptions: Visual literacy, authentic science practices, and multimodality. In K. Tobin & W.-M. Roth (Eds), *The world of science education. Handbook of research in North America* (pp. 307-324). Rotterdam: Sense Publishers.

Rogalski, J. (2008). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. In F. Vandebrouck (Éd.), *La classe de mathématiques : activités de élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse: Octares.

Vince, J., & Tiberghien, A. (2012). Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 89-124.

Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18(5), 213-217.

Rapports des médiateurs à la médiation scientifique dans un contexte de partenariat école-université

SORAYA SEFER, ALICE DELSERIEYS, FATMA SAÏD

Aix-Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
soraya.sefer@univ-amu.fr
alice.delsérieys@univ-amu.fr
fatma.said@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Le développement de coopérations entre différents acteurs dans et hors l'école est souvent recommandé pour permettre aux élèves d'accéder à une culture scientifique plus riche. Plus spécifiquement, une collaboration plus étroite entre les institutions éducatives afin de rendre les carrières scientifiques plus attractives. C'est dans ce contexte que nous nous intéressons à des ateliers scientifiques à destination d'élèves de 10 à 17 ans qui mettent en évidence à quoi ressemble un travail de chercheur. Plus précisément nous regarderons comment les médiateurs animant les ateliers conçoivent leur rôle de promoteur scientifique en fonction de leur propre parcours professionnel et personnel.

MOTS-CLÉS

Motivation, carrière scientifique, partenariat école-université, identité professionnelle

ABSTRACT

The development of cooperation between different actors in and outside the school is often recommended to allow students access to a richer scientific culture. More specifically, closer cooperation between educational institutions in order to make scientific careers more attractive. It is in this context that we are interested in science workshops for students 10 to 17 year that demonstrate what it looks like the work of a researcher. Specifically, we look at how the mediators involved in these workshops see their role as scientific promoter based on their own professional and personal development.

KEYWORDS

Motivation, scientific career, school-university partnership, professional identity

INTRODUCTION

L'importance du développement d'une culture scientifique et la diversification de ses modes d'accès est une question vive dans la société (Falk, Storksdieck & Dierking, 2007). Depuis une décennie, des membres de la communauté scientifique se mobilisent pour souligner en particulier «la nécessité de changements profonds dans la transmission de l'héritage scientifique à nos

élèves » (Léna, 2011). Que ce soit au niveau national ou international, plusieurs institutions préconisent un rapprochement du monde de la science et de la recherche avec le grand public en réponse à ce qui est qualifié de désaffection pour les sciences et les métiers scientifiques (High Level Group on Science Education, 2007).

Il nous semble cependant nécessaire de distinguer deux types de culture scientifique. D'un côté, une première forme de culture scientifique vise le développement de la citoyenneté et la construction de compétences qui permettront aux citoyens de développer leur capacité d'agir sur le monde (Foray, 2000; Commission Européenne, 2015). Une autre forme de culture scientifique est destinée à encourager les jeunes vers des études et des carrières scientifiques. Elles sont liées mais sont néanmoins différentes. En effet, la première concerne indiscutablement tout le monde, alors que la deuxième si elle s'adresse à tous, pourrait ne concerner que les élèves enclins à s'engager dans des études scientifiques (Kjaernsli & Lie, 2011). Par ailleurs, la première traite avant tout la « science faite » et la deuxième s'appuie sur « la science qui se fait ». Selon Latour (2001), la science est présentée comme sûre et objective et la recherche est incertaine, risqué et sub-objective. Il souligne ainsi des oppositions manifestes. Ainsi, la compréhension de cette « science qui se fait » appelle à des interactions avec des scientifiques acteurs dans le monde de la recherche (Stocklmayer, Rennie & Gilbert, 2010).

Enjeux entre le monde de la recherche et l'école

En 2015, l'union européenne publie un rapport qui vise à proposer des orientations pour une éducation scientifique en vue d'une citoyenneté responsable. Ce rapport préconise en particulier une collaboration plus étroite entre les institutions éducatives afin de rendre les sciences et les carrières scientifiques plus attractives (Grangeat, 2015). Dans le même ordre d'idée, en France, le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche encourage la mise en œuvre d'actions en direction du jeune public ayant pour objectif de proposer une approche vivante de la science, de les encourager à faire leur propre expérience de la démarche scientifique, de leur permettre de rencontrer le monde de la recherche et d'échanger avec les scientifiques (MESR, 2013). Ces orientations rejoignent les attentes formulées par des enseignants de Sciences et Technologie qui voient, dans les actions de coopération, une opportunité pour présenter à leurs élèves une science plus vivante et développer leur intérêt pour les sciences (Pommier, Foucaud-Scheunemann & Morel-Deville, 2010). Ces orientations semblent pourtant en décalage avec les réalités pratiques de mise en œuvre de tels partenariats. Ainsi, plusieurs travaux questionnent l'efficacité des activités extra-scolaires en sciences et en lien avec des scientifiques (Hodson, 2006). Certaines démarches expérimentales apparaissent trop souvent stéréotypées et, par conséquent, laissent peu de place à la réflexion sur l'expérience, ne susciterait pas toujours la motivation attendue. Par ailleurs, enseignants et chercheurs impliqués dans des actions de coopérations soulignent les difficultés de communication entre deux mondes, celui de l'enseignement scolaire, et celui de la recherche, qui se méconnaissent (Pommier, Foucaud-Scheunemann & Morel-Deville, 2010). Selon ces auteurs, les collaborations entre le monde de l'école et le monde de la recherche affichent une harmonie apparente en terme d'objectifs à atteindre, avec en arrière-plan des divergences notables. Celles-ci se cristallisent, en particulier, autour de modèles de vulgarisation scientifique dans lesquels prédomine une forme de communication unidirectionnelle du savoir à destination d'un public de non-initiés (Ibid).

Un des enjeux actuel est de trouver une expertise sur les projets ou dispositifs scientifiques qui essaient de connecter le monde de la recherche et l'enseignement, et en particulier le monde de l'université et de l'école.

Identité sociale des scientifiques et diffusion des sciences

Dans le contexte social, les scientifiques (techniciens, chercheurs, etc) sont confrontés à des problèmes de reconnaissance professionnelle qui ébranlent les systèmes de valeurs et l'image du scientifique dans la société. Par exemple, « les physiciens sont associés au monde académique en concurrence avec celui des ingénieurs » (Vinck, 2007, p. 66). Selon Vinck (2007), l'ensemble des rôles forme la personnalité sociale d'un individu et ils ne correspondent ni à des statuts, ni à des fonctions stables. Il identifie ainsi quatre types de rôles pour les enseignants-chercheurs : chercheur (développement des connaissances), enseignant (socialisation), administrateur (gestion de ressources) et régulateur (évaluation des travaux) (Merton, 1972, cité par Vinck, 2007, p. 66). Néanmoins, il est intéressant de noter l'articulation forte, qui présenterait même un caractère indissociable, du rôle de chercheur et de celui d'enseignant (Albero, 2015), qui s'attache à des savoirs à transmettre pour « transformer l'apprenti en membre de la communauté » (Vinck, 2007, p. 67). Au-delà d'une relation éducative, cela renvoie à un processus de socialisation que les scientifiques se sentent obligés d'assumer sans pour autant vouloir y consacrer trop de temps (Ibid). L'enseignant-chercheur fait ainsi face à une multiplication de ses activités et y fait souvent face en introduisant une porosité entre le travail et le loisir (Ali & Rouch, 2013). Dans cette tension déjà forte, l'engagement dans des activités de médiation scientifique est loin d'être majoritaire chez les chercheurs, et cela est vu comme pouvant avoir un impact négatif sur la carrière (Jensen & Croissant, 2007).

De ce fait, il s'agit de savoir quelles sont les motivations des chercheurs pour un engagement dans la vulgarisation scientifique. Selon Jurdant (2007), la nécessité d'une vulgarisation scientifique serait née chez les scientifiques pour deux raisons principales. La première est pour améliorer leur propre compréhension de leur pratique, ou une nécessité du spécialiste d'une compréhension plus complète de son propre domaine. La deuxième est d'établir une place privilégiée à la science en tant que culture dans la société, et en conséquence de la soumettre nécessairement aux exigences réflexives de la parole (Jurdant, 2007). De leur côté, Guyon et Maitte (2008), en retraçant l'histoire du développement de la médiation scientifique en France, expriment le besoin des scientifiques de « se justifier sur la légitimité d'une recherche scientifique ». Une certaine ambiguïté est ainsi soulignée dans les motivations des scientifiques vis à vis des actions de vulgarisation. Il n'est pas forcément clair qu'il s'agisse avant tout de partager des savoirs ou de transmettre des connaissances. D'ailleurs, ni les scientifiques, ni le grand public ne forment des ensembles homogènes. Il n'y a pas une frontière unique séparant scientifique et grand-public (Lévy-Leblond, 2001).

Néanmoins, dans le contexte de partenariat entre école et université qui concerne ce travail, nous sommes face à une médiation scientifique qui traverse l'espace scolaire. De ce fait, notre recherche vise à mieux comprendre comment des personnels universitaires (enseignants-chercheurs, techniciens, doctorants, formateurs) qui sont devenus médiateurs scientifiques envisagent ce partenariat et s'y engagent.

MÉTHODOLOGIE

Le présent travail s'intéresse à des ateliers scientifiques mis en place au sein d'une université française dans le cadre d'une mission de diffusion de la culture scientifique. Ces ateliers sont gratuits et ouverts aux classes ou groupes scolaires. Ils sont pluridisciplinaires et durent 3h.

Le travail de recherche présenté ici s'appuie sur l'analyse qualitative de sept entretiens individuels semi-directifs de médiateurs impliqués dans l'animation de ces ateliers. Il est

important de préciser ici que nous nous attachons à de aspects de pratiques déclarées, c'est-à-dire ce que les médiateurs disent de ce qu'ils font. L'échantillon se compose de deux maîtres de conférences, trois doctorants, un technicien et un enseignant du second degré enseignant à l'université dans la formation des enseignants (formateur). Les différents statuts des médiateurs intervenants dans les ateliers sont ainsi représentés. Une analyse de contenu a été réalisée (Bardin, 2013). Les entretiens ont duré environ une heure et ont été structurés autour de 31 questions portant sur : le parcours professionnel et les choix d'orientation et de carrière dans la recherche, les objectifs de l'atelier, motivation et importance de ces ateliers. Le tableau 1 contient les informations concernant les interrogés, le nom des médiateurs a été codé en fonction de leur statut (M pour maître de conférence, D pour doctorant, F pour formateur, T pour technicien).

TABLEAU 1
Informations concernant les médiateurs interrogés

Médiateur	Statut	Sexe	Âge	Domaine d'expertise initial	Années d'expérience en médiation	Formation pour la médiation	Thème de l'atelier
M1	Maîtres de conférences	M	45	Physicien	9 ans	Non	Hologramme
M2	Maîtres de conférences	M	45	Biologiste	8 ans	Non	Illusions sensorielles
D3	Doctorant	F	25	Biologiste	2 ans	Oui	Nutrition
D4	Doctorant	M	25	Ingénieur	2 ans	Oui	Energie renouvelable
D5	Doctorant	M	28	Pharmacien	2 ans	Oui	Energie renouvelable
F6	Formateur	M	45	Physicien	7 ans	Non	Hydrogène
T7	Technicien	M	42	Photographe	15 ans	Non	Paléontologie

Il est important de signaler que seuls les doctorants ont eu une formation obligatoire (doctorale) mise en place par l'université pour animer ces ateliers.

Pour cette communication, notre focus d'analyse a été fait autour de deux aspects. Le premier c'est d'identifier les éléments du rapport que ces scientifiques ont avec la médiation scientifique dans le contexte scolaire (rôle, pédagogie, objectif, importance). Le deuxième c'est d'essayer d'établir le lien entre leur parcours et identité professionnel (motivations, vision de science et de la recherche) et leurs pratiques en tant que médiateurs scientifiques.

RÉSULTATS

L'analyse des entretiens a permis de dégager des indicateurs qualitatifs concernant l'apport de la médiation scientifique dans un contexte de partenariat école-université du point de vue du scientifique en charge de la mise en œuvre d'un atelier à destination d'élèves. Par ailleurs, nous relevons des éléments qui caractérisent les pratiques des scientifiques en tant que médiateurs, et leur rapport à l'identité sociale du chercheur.

Apport de la médiation scientifique dans le contexte du partenariat école-université

Les idées principales des pratiques déclarées des médiateurs, concernant l'organisation de l'atelier qu'ils animent, sont résumées dans le tableau 2.

L'atelier et l'élève

Dans leur ensemble, le premier objectif des ateliers exprimé par les médiateurs, se rapporte au contenu scientifique de l'atelier. Pour autant, il ne s'agit pas pour les élèves d'acquérir des connaissances précises dans le domaine présenté, mais d'intéresser les élèves avec un sujet qui est peu ou pas abordé à l'école et que le médiateur considère important en termes de culture scientifique pour tout citoyen. Par exemple, D3 insiste sur « *l'importance de la nutrition pour mieux manger et pour mieux comprendre les informations au niveau des Kcal des aliments qui sont affichées sur les emballages* ».

TABLEAU 2*Informations relatives aux pratiques des médiateurs*

Médiateur	Choix du thème de l'atelier	Principal objectif de l'atelier	Principal rôle auprès des élèves	Type d'atelier	Connaissance du programme scolaire	Contact avec enseignants Avant/ après
M1	Personnel	Comprendre comment marche l'holographie	Rendre les sciences ludiques	Expériences ludiques Démonstratives	Non	Non / non
M2	Personnel	Première introduction au fonctionnement du cerveau en montrant l'individualité de la perception des sens de chacun	Améliorer la vision du chercheur	Expériences ludiques	Non	Non / non
D3	Personnel	Montrer l'importance de la nutrition/	Améliorer la vision du chercheur	Expériences ludiques	Oui	Non / non mais souhaitable
D4	Demande de l'université	Montrer le fonctionnement des éoliennes	Sensibiliser aux questions liées à la consommation d'énergie	Expériences ludiques Démonstratives	Non	Non / non
D5	Demande de l'université	Connaître les mécanismes de pyrolyse de la biomasse	Améliorer la vision du chercheur	Expériences ludiques Démonstratives	Non	Non / non mais souhaitable
F6	Demande de l'université	Connaître l'hydrogène comme alternative d'énergie	Connaître la recherche	Expériences ludiques Démonstratives	Oui	Oui / non
T7	Personnel	L'importance du fossile comme marqueur du temps dans l'environnement	Connaître la recherche	Observation	Oui	Non mais souhaitable / non

Dans un même ordre d'idée, M2 précise l'objet de son atelier dans les termes « *les intéresser, la curiosité. Voilà. Et puis c'est se rendre compte de l'intérêt du cerveau* ». L'approche utilisée

passé souvent par des expériences démonstratives avec un souci d'associer un aspect ludique. Les médiateurs interrogés privilégient des expériences qui donnent du plaisir, éveillent la curiosité, sont amusantes où tel que le formule M2 « *on apprend et on essaye de se marrer.* ». Pour deux doctorants, il s'agit par-là d'aller à l'encontre d'un stéréotype du scientifique ennuyeux et difficile à aborder en incarnant le scientifique jeune et passionné pour, en conséquence, améliorer la vision du chercheur. Seul D4 entre très explicitement dans un discours plus engagé concernant la responsabilité du chercheur dans la société face aux défis à relever, et en particulier ceux liés aux questions énergétiques et environnementales. Il met clairement en avant un tel rôle du chercheur dans la conduite des ateliers dont il a la charge.

Pour tous les médiateurs l'atelier ne permet pas aux élèves de découvrir vraiment comment un chercheur travaille. Tout au plus expliquent-ils ce qu'est un doctorat. Seul D5 le justifie en faisant la différence entre la recherche et la « science faite » : « *non, car les expériences démontrées sont déjà développées, bien placées* ». Pour F6 et T7, les ateliers doivent tout de même faire connaître la recherche. Ce sont d'ailleurs les seuls à expliciter la différence entre ces ateliers et une médiation muséale : « *le musée est un divertissement, ici il y a un contexte scolaire, plus cadré, une rencontre avec le chercheur* » (F6) ; « *ce musée est un outil pour le prof. Il n'est pas comme le musée du Palais Longchamp, ici il y a une collection de recherche* » (T7).

L'atelier et l'école

En relation au lien entre l'école et ces ateliers, nous avons demandé comment les médiateurs ont fait le choix du thème. Ainsi, il y a eu deux types, soit personnel (donc plus lié au domaine de travail), soit a été fixé par la cellule de culture scientifique de l'université. Cependant, dans le premier cas, un choix personnel ne veut pas forcément dire que les médiateurs discutent leur travail de recherche : « *je n'explique pas ma recherche, car c'est trop compliqué* » (D3). Dans le deuxième cas, le cadrage est plus fort et cela correspond à une demande en relation avec le contenu des programmes scolaires. Pourtant, parmi les trois médiateurs interrogés et ayant reçus une demande spécifique, un seul (D3) déclare connaître le programme scolaire pour adéquation de concepts abordés pendant l'atelier. Cependant, à l'exception de F6, par ailleurs impliqué dans la formation des enseignants, et de T7, le fait d'aller consulter les programmes d'enseignement en vigueur ne semble pas être une préoccupation majeure. Ainsi pour M2, ce qu'il aborde, « *(...) ça correspond à ce qu'ils font en fin de collège (...) non, mais c'est parce qu'on le sait, on sait à peu près les programmes (...) j'ai eu des enfants aussi* ». Le contact avec l'école ne se fait guère plus par l'intermédiaire des enseignants des classes concernées. Ainsi, trois médiateurs (M1, M2 et D4) déclarent qu'ils ne ressentent pas le besoin, ni avant, ni après, d'être en contact avec les enseignants. L'atelier se déroule d'ailleurs généralement sans intervention particulière de l'enseignant et le principal rôle est associé à la gestion du groupe d'élèves pour qu'il n'y ait pas de débordement. C'est le facteur temps qui est évoqué comme le principal frein dans cette relation. Le médiateur F6 exploite tout de même quelques minutes avant le début de l'atelier : « *je demande aux enseignants si la visite fait partie d'un projet et s'il faut aborder des concepts spécifiques* ». Par contre, pour lui, un contact à posteriori n'est pas nécessaire. Le médiateur T7, lui, souhaiterait avoir un contact avant l'atelier pour améliorer la collaboration : « *il y a eu un prof qui est venu ici avant pour connaître le musée et pour une brève formation. Après, ses élèves sont venus avec la carte pour reconnaître les fossiles. C'était génial !* ».

Ainsi, en terme d'apport de la médiation scientifique dans le contexte du partenariat école-université, d'une manière générale, les médiateurs sont satisfaits de leur implication dans les ateliers et y éprouve du plaisir. Ils évaluent la réussite de leur atelier à partir d'une perception

visuelle de la participation des élèves pendant l'atelier : « *les enfants s'éclatent* » (M1), « *ils posent des questions* » (M2), à laquelle peut s'ajouter l'avis de l'enseignant : « *Les enfants sont contents, mon contact avec les enfants plait aux profs* » (T7). Seules les médiateurs D3 et D5 font la différence entre la réussite et l'impact : « *la réussite c'est visuel par la participation des élèves, mais je ne connais pas l'impact sur le projet de la classe* » (D5). Par conséquent, ils souhaiteraient un contact avec les enseignants après l'atelier. D'ailleurs, tous sont satisfaits de leurs performances pendant l'atelier et ils n'envisagent plus de faire des changements une fois les premiers ateliers effectués. En relation avec l'âge des enfants, ils procèdent en général à une « *adaptation sur le tas* » (M2), en allant plus ou moins loin dans ce qui est prévu dans l'atelier.

Nous retenons ainsi une implication des médiateurs dans un rôle de vulgarisation scientifique qui leur permet d'évoquer des questions qu'ils jugent importantes pour la société. Par ailleurs, les actions de médiations jouent un rôle dans la motivation des jeunes, pour les intéresser et les sensibiliser à certains sujets avec des approches qu'ils ne pensent pas que l'école ait le temps de développer. Pourtant, les liens explicites avec l'école restent ponctuels et peu recherchés.

Lien entre médiation scientifique et identité sociale du chercheur

Le tableau 3 présente des caractéristiques personnelles des médiateurs interrogés. S'il ressort du paragraphe précédent que les médiateurs interrogés donnent de l'importance au développement de motivation des élèves pour les sciences, il est intéressant de noter que ce n'est pas issu d'une préoccupation personnelle.

TABLEAU 3
Aspect personnels des médiateurs

Médiateur	Motivation pour la Science	Comment devenu personnel universitaire	Motivation pour la médiation
M1	Bon élève, toujours motivé pour les sciences	Pas envie d'aller dans des grandes écoles	Plaisir / gratification
M2	Bon élève, toujours motivé pour les sciences	Échec des premières années de médecine	Plaisir / gratification
D3	Bon élève, toujours motivé pour les sciences	Démotivation pour être nutritionniste	Confiance pour s'exprimer en public
D4	Bon élève, toujours motivé pour les sciences, Motivation exacerbée par des participations à des clubs ou stages durant l'adolescence	Échec dans les concours d'ingénieur	Confiance pour s'exprimer en public / plaisir
D5	Bon élève, a toujours été là	Démotivé pour rentrer dans le monde de l'industrie pharmaceutique	Confiance pour s'exprimer en public
F6	Bon élève, a toujours été là	Pas envie d'aller dans des grandes écoles	Plaisir / gratification
T7	Quand il est devenu technicien universitaire, en travaillant avec un professeur de l'université	Au hasard	Plaisir / rétribution à la société

Motivation pour la Science

En effet, une majorité d'entre eux (6) a toujours été bon élève et l'intérêt pour la science est venu naturellement, ou a toujours été là. Aucun ne cite l'école ou les parents comme facteur de motivation. D4 évoque sa participation à des stages d'astronomie ou autres clubs scientifiques comme ayant contribué à entretenir un intérêt déjà présent. Seul T7, qui n'avait pas d'aspiration particulière pour les sciences, raconte sa rencontre avec un professeur d'université paléontologue comme déterminante dans son intérêt pour la discipline.

Par contre, la motivation pour la recherche ne semble pas aller de soi. Pour M2, « *on se laisse aller dans le flux, dans le courant des études* ». Seul M1 aspirait vraiment à devenir chercheur depuis qu'il était jeune. Les autres voulaient d'abord être médecin, ingénieur, pharmacien, nutritionniste. Suite à un échec dans leur parcours, la recherche est apparue comme une opportunité : « *Faire de longues études ça ne me dérangeant pas, mais je n'ai jamais pensé à faire un doctorat car pour moi c'était trop difficile* » (D3) ; « *En France les bons élèves sont motivés à faire des études scientifique, mais l'école d'ingénieurs n'était pas mon choix* » (F6) ; « *(...) j'ai raté le concours d'ingénieur acoustique...* » (D4) ; « *Je suis venu travailler par hasard dans l'université* » (F7).

Motivation pour la médiation

En ce qui concerne leur engagement dans la médiation, il s'agit pour plusieurs d'entre eux d'une manière plus intéressante d'aborder leurs obligations d'enseignement. Les doctorants, engagés contractuellement dans la cellule de culture scientifique de l'université ont choisi un tel engagement plutôt qu'une activité de moniteur auprès d'étudiants de licence. Pour M2, engagés dans divers actions de médiation scientifique : « *J'ai un peu de mal à faire tous les trucs parce que c'est quand même ... ça demande du temps forcément, mais (...) je préfère ça à filer des cours* ». Ainsi, les trois médiateurs qui ont déjà un statut plus stable (M1, M2 et F6) ces ateliers apportent le plaisir et/ou la gratification : « *je me rappelle jusqu'à aujourd'hui qu'à la fin d'une présentation, les élèves applaudissaient* » (M1) qui peut démarrer dans par une expérience personnelle « *En fait, j'avais fait des ateliers en maternelle, justement, dans l'école ou allait mes enfants (...) et ça, alors là, c'était le kiff total, super.* » (M2).

Pour les doctorants (D3, D4 et D5), qui sont en début de carrière, l'engagement dans ces ateliers est avant tout perçu dans un but formatif, pour gagner en confiance en soi, adapter son discours à une diversité de public : « *Comment diffuser les résultats pour le grand public et acquérir plus de confiance* » (D4).

Le médiateur T7 voit ces ateliers comme une forme de rétribution à la société : « *je ne suis pas chercheur, mais j'essaye de montrer mon parcours personnel pour montrer qu'il y a des choses après le BAC. Je sens que c'est mon tour de faire découvrir la paléo aux gamins, comme moi je l'avais la connu au hasard avec le Prof. Philippe. Et quelque part j'essaye de faire pareil* ».

Nous retenons de ces éléments que, malgré des disponibilités parfois limitées et un facteur temps qui contraint l'engagement, les chercheurs, et en particulier, les maîtres de conférences interrogés manifestent leur plaisir à mener des actions de médiation scientifique.

DISCUSSIONS

Les résultats nous ont apporté des éléments pour mieux comprendre le positionnement de ces médiateurs scientifiques par rapport à leur rôle en tant que promoteur de la science dans un cadre de partenariat école-université. Mais aussi, quel est le lien entre cette pratique de vulgarisation et leur statut professionnel et parcours personnel. Ces données ne peuvent pas être le strict reflet des pratiques des médiateurs scientifiques mais donnent des indications des rapports que ces médiateurs entretiennent avec leur rôle en tant que médiateur, avec l'école et avec les sciences. Dans l'idée que ces rapports influencent l'activité professionnelle et conditionnent la réalité de la situation didactique (Ginestié & Tricot, 2013; Aït Ali & Rouch, 2013), les résultats présentés ici peuvent servir de pistes de réflexions pour améliorer les stratégies didactiques des actions de partenariat entre école et université.

Ainsi, il ressort que les objectifs des médiateurs sont motivés par le besoin d'une vulgarisation scientifique abordant des questions qu'ils considèrent essentielles dans la citoyenneté. La promotion des études scientifiques, ou la connaissance de l'université et de la recherche telle qu'elle est affichée par l'université ne semble pas la priorité pour les médiateurs interrogés. Ainsi, nous relevons une importance particulière pour le plaisir face à la science que les médiateurs cherchent à partager. Cependant, ce plaisir passe avant tout par une exposition de la « science faite » qui semble se limiter à ce que Stocklmayer, Rennie et Gilbert (2010) identifie comme « public understanding of science » dans une organisation descendante des connaissances. La mise en discussion du monde de la recherche (« science qui se fait ») en lien avec la science scolaire ne semble pas envisagée ou envisageable du fait de la trop grande complexité des travaux de recherche, ou du manque de disponibilité pour entrer en dialogue avec les enseignants. Nous avons constaté que la motivation pour s'engager dans des actions de médiation scientifique varie en fonction du statut des médiateurs. Ceux qui ont déjà un statut stable dans l'université (maître de conférences, formateur) visent le plaisir et la gratification. Les ateliers de médiations apparaissent ainsi comme des activités dont l'engagement affectif et cognitif pourrait être suffisamment fort pour relever d'un loisir, comme l'expriment Aït Ali et Rouch (2013) au sujet de la gestion du temps des enseignants-chercheurs. Les doctorants, adhèrent à une posture de débutant en formation et visent l'expérience en public pour développer leur confiance en soi, pour mieux s'exprimer, interagir et s'affirmer en tant que chercheur. De ce fait, la médiation pour les plus expérimentés rejoint une nécessité de reconnaissance professionnelle et d'accomplissement personnel et pour les débutants, c'est une manière d'améliorer le processus de socialisation comme cela a bien été considéré par Vinck (2007) et Jurdant (2007).

Le cas remarquable de cette étude est celui du profil de technicien, théoriquement distancié de la recherche et le seul à ne pas avoir le profil « bon élève ». Dans ses propos, il semble plus engagé dans un rôle de médiateur scientifique rapprochant la culture scolaire et le monde académique. C'est le seul à viser la médiation scientifique comme une forme de rétribution à la société et non par hasard, c'est le seul qui était motivé pour la science sans être un « bon élève ».

Ces éléments nous indiquent que le parcours personnel a un rôle significatif qu'il faut prendre en compte, par exemple, dans une future formation didactique de ces personnels universitaires qui rentre dans le monde scolaire.

L'action partenariale n'est pas très soutenue par ces médiateurs car la majorité déclarent que le contact avec l'enseignant s'il est souhaitable, n'est pas pour autant essentiel. Ainsi, le rapport de ces médiateurs en relation à une désaffection des étudiants pour les carrières scientifiques est

pratiquement inexistant. De plus, pour eux faire de la recherche n'était pas un premier choix. Ce fait peut justifier qu'aucun ne cite son parcours et ses motivations pour devenir scientifique.

Indubitablement, notre discussion va en direction d'une nécessité d'établir « un partage, une transformation, un développement de savoir entre les acteurs » et la construction d'une action partenariale entre école et université est un savoir-faire encore à construire (Pommier, Foucaud-Scheunemann, & Morel-Deville, 2010).

RÉFÉRENCES

Aït Ali, N., & Rouch, J.-P. (2013). Le « je suis débordé » de l'enseignant-chercheur. *Temporalités*, 18. Retrieved from <http://temporalites.revues.org/2632>.

Albero, B. (2015). Professionnaliser les enseignants-chercheurs à l'université: les effets pervers d'une bonne idée. *Distances et médiations des savoirs*, 11. Retrieved from <https://dms.revues.org/1124>.

Bardin, L. (2013). *L'analyse de contenu*. Paris: PUF.

Commission Européenne (2015). *Science Education for responsible Citizenship*. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf.

Falk, J. H., Storksdieck, M., & Dierking, L. D. (2007). Investigating public science interest and understanding: Evidence for the importance of free-choice learning. *Public Understanding of Science*, 16(4), 455-469.

Foray, D. (2000). *L'économie de la connaissance*. Paris: La Découverte.

Ginestíe, J., & Tricot, A. (2013). Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 8, 9-22.

Guyon, É., & Maitte, B. (2008). Le partage des savoirs scientifiques. Les centres de culture scientifique, technique et industrielle. *La Revue pour l'histoire du CNRS*, 22. Retrieved from <http://histoire-cnrs.revues.org/8322>.

Grangeat, M. (2015). *L'éducation scientifique pour une citoyenneté responsable: les six objectifs clés, les préconisations et les questions de recherche* (pp. 6-11 et 38-40). Retrieved from <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01227484/document>.

High Level Group on Science Education (2007). *Science Now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Union.

Hodson, D. (2006). Pour une approche plus critique du travail pratique en science à l'école. Dans A. Hasni, Y. Lenoir & J. Lebeaume (dir.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences* (pp. 59-65). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.

Jensen, P., & Croissant, Y. (2007). CNRS researchers' popularization activities: a progress report. *Journal of Scientific Communication*, 6(3), 1-14.

Jurdant, B. (2007). Parler la science. *Alliage*, 9, 1-3. Retrieved from <http://www.tribunes.com/tribune/alliage/59/page6/page6.html>.

Kjaernsli, M., & Lie, S. (2011). Students' preference for science careers: International comparisons based on PISA 2006. *International Journal of Science Education*, 33(1), 121-144.

- Latour, B. (2001). *Le métier de chercheur, regard d'un anthropologue*. Paris : Institut National de la Recherche Agronomique.
- Léna, P. (2011). *La science en héritage*. Communication présentée au Séance exceptionnelle inter-académique de l'Institut de France, Les nouveaux défis de l'éducation, Paris.
- Lévy-Leblond, J. M. (2001). Science, culture et public: faux problèmes et vraies questions. *Quaderni*, 46(1), 95-103.
- MESR (2013). *5e édition du Forum Science, Recherche et Société - ESR* : enseignementsup-recherche.gouv.fr. Retrieved from <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid71883/5e-edition-du-forum-science-recherche-et-societe.html>.
- Merton, R. K. (1972). Insiders and outsiders: A chapter in the sociology of knowledge. *American Journal of Sociology*, 78(1), 9-47.
- Pommier, M., Foucaud-Scheunemann, C., & Morel-Deville, F. (2010). De la recherche à l'enseignement : modalités du partage des savoirs dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre. *RDST. Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 2, 127-156.
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1-44.
- Vinck, D. (2007). *Sciences et société*. Paris: A. Colin.

Séquence d'enseignement de la symbolisation des grandeurs physiques au collège

AMMAR OUARZEDDINE¹, ABDELMADJID BENSEGHIR²

¹Département de tronc commun
Faculté des sciences de la nature
Université A. MIRA
Algérie
ammар.ouarzeddine@univ-bejaia.dz

²Département de physique
Faculté des sciences
Université F. ABBAS
Algérie
abdelmbenseghir@gmail.com

RÉSUMÉ

Cette communication a trait à une séquence d'enseignement visant à aider les élèves du collège à surmonter leurs difficultés de compréhension des formules physiques provoquées par la distension de la conventionalité du choix des symboles des grandeurs physiques correspondant. Malgré la dynamique qui a caractérisé le déroulement de la séquence, les résultats de l'évaluation de cette dernière montrent que plus de la moitié des élèves ont maintenu leur conception inexacte de l'existence des symboles exclusifs, officiels et définitifs de désignation de ces grandeurs. Il nous semble que les pratiques de symbolisation des grandeurs physiques exercées en classes ont constitué un obstacle au changement espéré. Par conséquent, la formation des enseignants du collège sur la confusion du symbolisme des grandeurs physiques pourrait représenter une stratégie didactique adéquate pour permettre aux élèves de remédier aux difficultés soulevées.

MOTS-CLÉS

Grandeurs physiques, symbolisation, conventionalité distendue, séquence d'enseignement, constructivisme

ABSTRACT

This communication relates to a teaching sequence designed to help college students to overcome their difficulties of understanding of the physical formulas caused by the conventionality depended of the choice of the symbolism of the physical magnitudes. Despite the dynamic that has characterized its realization, the results of the assessment of the sequence shows that more than half of the students maintained their misconception relating to the existence of an exclusive, official and definitive symbol for each physical magnitude. It seems that the symbolization practices of these magnitudes exercised in classes has been an obstacle to the hoped change. Therefore, the training of the college teachers on the confusion of the symbolism of physical magnitudes can be an appropriate didactical strategy to allow students to remedy the difficulties raised.

KEYWORDS

Physical magnitudes, symbolization, conventionality distended, teaching sequence, constructivism

INTRODUCTION

Les formules physiques représentent un outil adéquat de transposition didactique des caractéristiques épistémologiques de la physique. Elles cristallisent les différents aspects constitutifs des phénomènes physiques : un contenu conceptuel lié aux réalités étudiées, un caractère formel relatif à l'expression mathématique des relations physiques et enfin, un langage symbolique de désignation des grandeurs par des symboles littéraux (Ullmo, 1969; Heisenberg, 1971; Bunge, 1975).

Cependant, des difficultés de compréhension des contenus de ces formules rencontrées par des pourcentages importants d'élèves ont constitué une préoccupation pédagogique depuis plusieurs décennies. Parmi les difficultés soulevées, nous soulignons celles ayant rapport au symbolisme des grandeurs physiques induites principalement par la désignation de plusieurs grandeurs par le même symbole (Chaffee et al., 1938; Pache, 1970; Hoffer, 1976; Bouldoires, 1991; Mallinckrodt, 1993).

Cette diversité de grandeurs représentées par le même symbole littéral est susceptible d'aggraver les difficultés rencontrées par les élèves puisque des données de recherche didactique confirment que la majorité des apprenants perçoivent spontanément les contenus désignés par les symboles usuels (Ouarzeddine & Benseghir, 2007). D'une manière plus explicite, ce type de lecture spontanée consiste à attribuer, de façon directe et définitive, un contenu physique bien déterminé aux symboles utilisés habituellement dans l'expression mathématique des relations physiques indépendamment du contexte de la relation physique dans lequel ces symboles sont employés.

En fait, le comportement perceptif d'élèves décrit précédemment est proche de celui du physicien lors de son usage quotidien du symbolisme des grandeurs physiques comme le souligne Lévy-Leblond (1998, p. 75) dans cet extrait : « *Ces graphismes, pourtant à l'origine parfaitement contingents (liés, par exemple à une langue particulière : pourquoi, sinon, noter m une masse ?) finissent par porter une véritable charge ontologique : dans la perception du physicien, E est une énergie, v est une vitesse, etc.* ». Notons, toutefois, que pour ce dernier, la « charge ontologique » du graphisme symbolique des grandeurs physiques est pleinement assumée. Il s'en départit, d'ailleurs, dès que nécessaire par la mise en œuvre des méthodes basées sur l'analyse dimensionnelle ou conceptuelle afin d'identifier le contenu physique désigné par un symbole ambigu.

Cela ne semble pas être le cas pour la conduite des élèves qui ne peuvent, raisonnablement, faire preuve d'une telle vigilance. Ainsi, cette situation gênante pour les élèves serait en mesure de créer une confusion perceptive des contenus physiques désignés par ces symboles.

Alors, le questionnement principal de ce travail est le suivant : Quelles sont les stratégies didactiques appropriées qui permettront aux élèves de surmonter les difficultés entraînées par l'emploi d'un seul symbole pour représenter plusieurs grandeurs dans les formules physiques ?

À ce propos, l'objectif de cette expérimentation didactique concerne l'acquisition par des élèves du collège d'un savoir « minimum » sur la symbolisation des grandeurs physiques afin de leur permettre d'avoir une certaine vigilance perceptive lors de leur lecture de ce symbolisme et d'utiliser la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier le contenu physique désigné par un symbole confus ou non défini, figurant dans une formule physique.

Nous entamerons ce travail par un bref éclairage théorique des caractéristiques du cadre conventionnel de symbolisation des grandeurs physiques en comparaison avec les règles de désignation symbolique d'autres constituants des sciences physiques tels que les unités de mesure et les éléments chimiques.

PROPRIÉTÉ « DISTENDUE » DES RÈGLES DE SYMBOLISATION DES GRANDEURS PHYSIQUES

Malgré la diversité des définitions attribuées au concept de grandeur physique, celle-ci occupe une place centrale dans l'étude expérimentale des phénomènes physiques (Magneron & Munier, 2008). Ces grandeurs constituent des objets de désignation symbolique afin d'exprimer mathématiquement les relations physiques.

En général, l'idée de conventionalité renvoie à l'institution des règles explicites et officielles à suivre, assortie d'une obligation d'observance pour les usagers. Cette opération est présumée bénéficier d'un cadre conventionnel bien déterminé du choix des symboles de ces grandeurs.

En fait, il n'est pas difficile de constater que cette exigence est loin d'être satisfaite dans le cas de la désignation symbolique des grandeurs physiques car malgré l'existence d'un ensemble de recommandations concernant le choix de ce symbolisme littéral, l'observance des « règles recommandées » est loin d'avoir, en pratique, le caractère d'obligation ferme. Ceci contraste évidemment avec ce qui prévaut pour la symbolisation des unités de mesure et des éléments chimiques. À titre d'illustration, la contradiction soulignée entre la fermeté des règles de désignation symbolique des unités de mesure et la distension de celles de représentation des grandeurs physiques est soulignée plus d'une fois par les auteurs de la brochure du Bureau international des poids et mesures (BIPM) intitulée : *Le système international d'unités* (2006, 8^e édition, mise à jour en 2014). Dans une note en marge de page, ces auteurs ont apporté la précision suivante : « *Notons que les symboles donnés pour les grandeurs ne sont que recommandés. Par contre, les symboles donnés pour les unités dans cette brochure, ainsi que leur style et leur forme, sont ceux qui doivent obligatoirement être utilisés* » (p. 15)

Une telle contradiction nous permet de dire que les règles conventionnelles distendues du choix du symbolisme des grandeurs physiques sont imposées, moins par des impératifs épistémologiques, que par des exigences pédagogiques ayant trait à la nécessité d'assurer une certaine stabilité dans le choix du symbolisme des grandeurs physiques utilisé dans l'expression des relations physiques par des équations symboliques.

Ceci incite à s'interroger sur la manière dont les élèves peuvent faire face à des situations dans lesquelles une multiplicité d'emploi de symboles est mise en jeu. Dans cette perspective, le contenu de la séquence est une tentative pour aider les élèves à surmonter les difficultés provoquées par la distension des règles de désignation symbolique des grandeurs physiques.

La présente communication se compose d'une brève présentation de la séquence, d'un compte- rendu abrégé de son déroulement et des éléments d'évaluation du travail réalisé.

PRÉSENTATION DE LA SÉQUENCE

La séquence d'enseignement est construite selon le modèle constructiviste d'enseignement (Driver & Oldham, 1986; Johsua & Dupin, 1987; Robardet, 2001). Cette approche didactique

permet aux enseignants d'assurer une grande implication des élèves à travers les débats axés sur le problème posé.

La séquence d'enseignement s'étale sur deux séances : un cours de deux heures suivi d'une heure d'applications. Elle s'adresse à deux groupes d'élèves algériens de 3^{ème} année du collège âgés de 14 à 15 ans et d'un effectif total de 64 élèves. Elle est assurée par les enseignants de sciences physiques et technologie pour les deux groupes. La séance du cours est envisagée selon le schéma d'activités suivant :

- présentation du problème du choix du symbolisme des grandeurs physiques ;
- expression des réponses des élèves par l'usage d'un questionnaire papier- crayon ;
- dépouillement collectif des réponses ;
- débats contradictoires encadrés par les enseignants ;
- mise à l'épreuve des réponses des élèves ;
- présentation d'un éclaircissement théorique du problème posé.

Concernant la séance d'applications, la résolution de quatre exercices constitue son contenu. Ces exercices concernent l'utilisation de la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier le contenu physique désigné par un symbole non défini inclus dans une formule physique. Cette méthode a une importance scientifique et pédagogique confirmée (Romani, 1975; Massain, 1982; Serrero, 1987; Sivardière, 1988).

DÉROULEMENT DE LA SÉQUENCE

Présentation du problème et explicitation des prévisions des collégiens

Après un rappel portant sur la notion de grandeur physique et les unités officielles de mesure de ces grandeurs, les enseignants ont souligné le besoin de désigner les grandeurs physiques par des symboles littéraux pour exprimer les relations physiques par des formules.

Ensuite, ils ont posé les questions suivantes :

Le choix du symbolisme des grandeurs physique est – il soumis à des règles ? Si la réponse est oui, quelles sont ces règles ?

Les enseignants invitent leurs élèves à répondre individuellement à un questionnaire papier-crayon composé d'une seule question (Encadré 1)

ENCADRÉ 1

Questionnaire – outil de la séquence d'enseignement

Un mobile effectue un mouvement rectiligne uniforme en parcourant des distances égales pendant des mêmes durées. On définit la vitesse du mobile par le rapport des distances parcourues aux durées correspondantes.

On a les deux expressions : $v = s/t$ (1)

$v = d/t$ (2)

tels que: la lettre (v) désigne la vitesse et la lettre (t) désigne le temps.

Parmi les propositions suivantes, cochez la case qui correspond au choix que vous considérez correct et justifiez votre réponse.

1- On peut utiliser les deux expressions 1 et 2 pour exprimer la vitesse du mobile. 2- On peut utiliser seulement une des expressions précédentes pour exprimer la vitesse du mobile. Laquelle ?

3- On ne peut pas utiliser les deux expressions 1 et 2 pour exprimer la vitesse du mobile.

Les catégories de réponses des élèves des deux classes sont homogènes. Nous les rassemblons dans le tableau 1.

TABLEAU 1
Fréquences des choix des propositions exprimées en (%)

	Proposition 1 (Rép. correcte)	Proposition 2	Proposition 3
Élèves du groupe expérimental (N= 64)	9.5	70.0	20.5

Concernant la proposition 2 adoptée majoritairement par les élèves des deux classes, l'analyse de leurs réponses montre que l'expression $v = s/t$ a obtenu le choix de la quasi-totalité des élèves.

Phase de débats contradictoires

Après le dépouillement des réponses des élèves, ceux-ci s'engagent dans un débat axé sur les justifications des réponses données. Dans ce débat contradictoire, qui a pris une part appréciable du temps réservé à la séance du cours, les arguments avancés par la majorité des intervenants concernent principalement l'adéquation ou non des lettres (s) et (d) proposées dans les expressions 1 et 2 pour désigner la distance parcourue par le mobile.

Pour le choix majoritaire de l'expression $v = s/t$, le symbole (s) est approprié pour noter la distance. L'un des élèves de cette tendance collective souligne que : « *la lettre (s) est le symbole unifié universellement pour représenter la distance. Les savants ont donné des symboles spécifiques aux grandeurs physiques* ».

Dans la même catégorie d'élèves, l'adoption du symbole (d) est justifiée par le rejet du symbole (s) car ce dernier est employé habituellement pour désigner la surface ou pour indiquer l'unité de mesure du temps (seconde s).

Pour les élèves qui ont choisi la proposition 3, leur rejet des deux symboles (s) et (d) est argumenté par l'adéquation du symbole (E) pour représenter la distance. Ces élèves ajoutent que le symbole (E) est la lettre initiale du mot espace qui signifie une distance.

Ce point de vue est rejeté par les élèves qui ont choisi la proposition 2. Le motif de ce rejet est exprimé par l'un des élèves de cette catégorie : « *Non, le symbole E représente l'énergie. Donc, il n'est pas permis d'utiliser ce symbole pour désigner la distance* ».

Des considérations liées aux aspects calculatoires ont clairement dominées les commentaires des élèves qui ont répondu correctement à la question posée.

Ces débats ont progressivement conduit à une certaine prise de conscience des élèves du problème de la confusion des règles de représentation des grandeurs physiques. Toutefois, la majorité de ces collégiens semble préserver leurs conceptions initiales ayant trait au sujet de la séquence. Dans ces conditions, une situation d'impasse est perceptible à la fin des débats puisque les questions posées par les enseignants au début de cette expérimentation didactique restent suspendues suite à la persistance des divergences entre les élèves.

Mise à l'épreuve des réponses et réactions des élèves

La validation des réponses des élèves s'appuie sur l'usage de deux types de documents. Dans le premier document intitulé : *Unités et grandeurs- symboles et normalisation Afnor* rédigé par Dupont et Trotignon (1994), plusieurs tableaux (p. 120- 128) incluant des noms des grandeurs physiques et leurs symboles « recommandés » sont présentés. Dans ces tableaux, une confusion est enregistrée suite à l'emploi répété de plusieurs symboles pour désigner les mêmes grandeurs et la désignation de plusieurs grandeurs par la même notation. Le deuxième type de document utilisé concerne les manuels scolaires de physique (anciennes et nouvelles

éditions) du lycée en Algérie. Dans ces livres de physique, le symbolisme latino- grec employé dans la nouvelle édition (2006) a substitué l'usage des notations de l'alphabet de la langue arabe adoptées dans l'ancienne édition (1996).

Il apparait que la consultation, par les élèves, d'une dizaine d'exemplaires photocopiés de ces tableaux et de ces manuels scolaires a provoqué un certain étonnement chez la plupart de ces apprenants. Des signes de surprise sont visibles sur les visages d'un nombre important de ceux-ci car ils ont remarqué que la désignation des grandeurs physiques ne doit pas forcément obéir à des règles strictes qui interdisent l'utilisation du même symbole pour représenter plusieurs grandeurs ou l'usage de plus d'un symbole pour désigner une seule grandeur physique.

Éclaircissement théorique du problème posé

Cet éclairage théorique représente une réponse aux questions posées liées à l'obéissance de la symbolisation des grandeurs physiques à des règles bien déterminées. Dans ce cadre, les enseignants ont souligné que la désignation de ces grandeurs « souffre » d'une contrainte qui concerne la distension et le manque de rigueur des règles de leur notation symbolique.

En outre, les enseignants ont précisé que le contenu désigné par un symbole doit être explicité dans les énoncés des exercices. Dans le cas où l'élève rencontre un symbole non défini dans une formule physique, il est nécessaire d'employer la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier la grandeur physique indiquée par le symbole employé à partir de son unité de mesure officielle.

Cet éclairage est suivi par plusieurs exemples d'illustration. Parmi ces exemples, celui qui concerne les deux expressions proposées dans le questionnaire-outil de la séquence. À ce propos, un sentiment d'admiration relatif à la simplicité et à l'efficacité de la méthode de l'analyse dimensionnelle utilisée semble affecter la majorité des élèves. Ces derniers ont certainement remarqué l'aptitude pratique de cette méthode pour démontrer que les deux symboles non-définis (s) et (d) représentent forcément une distance car leur unité de mesure est le mètre.

ÉVALUATION FINALE DE LA SÉQUENCE

Modalités d'évaluation

L'évaluation de la séquence est réalisée 5 mois après son déroulement. L'outil utilisé dans cette évaluation est un questionnaire papier-crayon composée de deux questions (encadré 2).

Pour pouvoir comparer les réponses des élèves concernés par la séquence d'enseignement et estimer l'impact du travail réalisé sur leurs conceptions ayant trait au symbolisme des grandeurs physiques, nous avons soumis ce questionnaire à un groupe d'élèves témoins de 3^{ème} année du collège d'un nombre $N = 66$.

Résultats

Désignation symbolique de l'intensité du courant électrique : Presque la totalité des élèves du groupe témoin considèrent que le symbole (i) est le symbole « adéquat et officiel » de l'intensité du courant électrique. Aucun élève de ce groupe n'a choisi la réponse correcte (proposition 1). Concernant les élèves du groupe expérimental, la majorité de ceux-ci optent pour le même choix spontané en soulevant dans leurs justifications une certaine adéquation du symbole (i) pour désigner l'intensité du courant électrique. Cependant, une partie significative, qui avoisine un quart de ces élèves, explicite la possibilité de représenter l'intensité du courant électrique par les symboles proposés.

ENCADRÉ 2*Questionnaire d'évaluation de la séquence d'enseignement***Question 1**

On a la grandeur physique suivante : intensité du courant électrique.

On a les lettres suivantes : f r i m

Cochez la case qui correspond à la proposition que vous considérez correcte.

1- Il est possible de représenter l'intensité du courant électrique par l'utilisation de toutes les lettres précédentes.

2- Il est possible de représenter l'intensité du courant électrique par l'utilisation seulement d'une ou plus des lettres précédentes. Déterminez la lettre ou les lettres choisie (s).

3- Il n'est pas possible de représenter l'intensité du courant électrique par l'utilisation de toutes les lettres précédentes.

4- Autre cas, lequel ?

Justifiez votre réponse.

Question 2

L'énoncé suivant exprime le contenu d'une relation physique :

« La puissance de transfert énergétique d'une ampoule traversée par un courant électrique continu est égale à l'énergie électrique divisée par la durée de sa transformation »

On a l'expression symbolique suivante : $C = E/t$

La lettre (E) désigne la quantité d'énergie transformée et la lettre (t) représente la durée de sa transformation.

Peut-on utiliser cette expression symbolique pour exprimer le contenu physique de l'énoncé précédent ?

Oui

Non

Pourquoi ?

TABLEAU 2

Question 1 : Fréquences des choix des propositions exprimées en (%)

	N	Proposition 1 (Rép. Correcte)	Proposition 2	Proposition 3	Proposition 4
Élèves du groupe expérimental	62*	22.5	72.5	2.0	3.0
Élèves du groupe témoin	66	00	94	3.0	3.0

* : Absence de deux élèves le jour de l'évaluation de la séquence

L'un de ces collégiens souligne qu' : « Il n'y a pas de règles bien déterminées de symbolisation des grandeurs physiques. Donc, il n'existe pas de loi spéciale pour désigner ces grandeurs. Alors, l'intensité du courant électrique peut être représentée par i, r, f ou m. Il n'est pas obligatoire qu'il y ait des symboles spécifiques des grandeurs physiques ».

Dans le même sens, d'autres élèves de cette catégorie soulignent clairement que l'unité de mesure de l'intensité du courant électrique est invariable (l'ampère), ce qui permet de désigner cette grandeur par les symboles proposés.

- *Identification de la grandeur physique désignée par un symbole ambigu* : Presque la moitié des élèves du groupe expérimental choisit la réponse correcte. Toutefois, ce choix correct n'est adopté que par près du tiers des élèves du groupe témoin.

TABLEAU 3

Question 2 : Fréquences des réponses « Oui » et « Non » exprimées en (%)

	N	Oui (Réponse correcte)	Non	Divers
Élèves du groupe expérimental	62	48.5	51.0	6.5
Élèves du groupe témoin	66	32.0	66.5	1.5

La plupart des élèves du groupe expérimental justifient leur réponse correcte par la possibilité de représenter la puissance électrique de l'ampoule par plusieurs symboles. Dans ce cadre, malgré leur utilisation usuelle du symbole (P) pour indiquer cette grandeur électrique, un élève de ce groupe précise que : « *Selon le cours de la puissance électrique qu'on a eu, $P = E/t$. Alors dans l'expression donnée, on trouve : $C = E/t$. On peut utiliser n'importe quel symbole pour représenter la puissance électrique puisqu'il n'y a pas de règle officielle à respecter dans la symbolisation des grandeurs en physique. Chaque grandeur est susceptible d'être désignée par des symboles différents* ».

Contrairement à ces arguments, les justifications présentées par les élèves du groupe témoin s'appuient sur deux considérations : la conformité formelle de l'expression $C = E/t$ avec le contenu de l'énoncé de la question 2 et son aspect calculatoire. Aucune allusion à la possibilité de représenter la puissance électrique par plus d'un symbole n'est soulignée.

Concernant le choix de la réponse « Non », les justifications avancées par les élèves des deux groupes, expérimental et témoin, se focalisent sur le rejet du symbole (C) car ces collégiens considèrent que (P) est le symbole officiel et définitif de dénotation de la puissance électrique.

CONCLUSION

La séquence d'enseignement de type constructiviste réalisée est caractérisée par des débats contradictoires des élèves afin de leur permettre d'explicitier leurs conceptions liées à la symbolisation des grandeurs physiques.

Les résultats de l'évaluation de ce travail montrent que, malgré une amélioration qualitative relativement limitée enregistrée, une dominance des conceptions inexacts des élèves ayant rapport à l'existence d'un symbole unique, conventionnel et universel pour chaque grandeur physique persiste. Pour atténuer l'effet négatif de cette conception spontanée, il est important que les enseignants du collège insistent, d'un temps à un autre, sur le caractère officiel des unités de mesure des grandeurs physiques et l'instabilité relative du symbolisme de ces grandeurs. À ce propos, l'usage de la méthode de l'analyse dimensionnelle pour identifier le contenu physique des symboles ambigus est fortement recommandé.

La mise en œuvre de cette stratégie didactique exige, en premier lieu, une formation initiale des enseignants des sciences physiques du collège axée sur ces aspects implicites de la physique.

RÉFÉRENCES

- Boulidoires, B. (1991). Les notions symboliques relatives à l'énergie dans quelques manuels de physique. In *Actes du 1^{er} séminaire national de recherche en didactique des sciences physiques* (pp. 25-34). Grenoble: Université Joseph Fourier Grenoble.
- Bunge, M. (1975). *Philosophie de la physique*. Paris: Seuil.
- Bureau International des Poids et Mesures - BIPM (2006). Brochure sur le SI : le système international d'unités (8^{ème} édition). Retrieved from <http://www.bipm.org/fr/publications/si-brochure/>.
- Chaffee, E.-L., Foster, A.-W., Gale, G.-O., Jones, A.-T., Lenzen, V.-F., Mitchell Roller, D., & Hugues, H.-K. (1938). Letter symbols for physics. *American Journal of Physics*, 6, 217.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Dupont, B., & Trotignon, J.-P. (1994). *Unités et grandeurs – symboles et normalisation*. Paris: Nathan Afnor.
- Heisenberg, W. (1971). *Physique et philosophie*. Paris: Albin Michel.
- Hoffer, A. (1976). On the use of symbols to represent quantities, properties and adjectives encountered in physics. *American Journal of Physics*, 44(8), 759-761.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: an example in physics. *Cognition and Instruction*, 4(2), 117-135.
- Lévy-Leblond, J.- M. (1998). La nature prise à la lettre. *Alliage*, 37/38, 71-82.
- Magneron, N., & Munier, V. (2008). Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 47, 7-24.
- Mallinckrodt, A.-J. (1993). Separate symbols for separate concepts. *American Journal of Physics*, 61, 760.
- Massain, R. (1982). *Physique et physiciens*. Paris: Magnard.
- Ouarzeddine, A., & Benseghir, A. (2007). Symbolisme des grandeurs physiques : statut sémantique et perception des élèves. *Didaskalia*, 30, 67- 88.
- Pache, C. (1970). *Introduction au système international d'unités SI ou MKSA*. Lausanne: Spes S.A, David Perret.
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation problème. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 836, 1173-1190.
- Romani, L. (1975). *Théorie générale de l'univers physique - Réduction à la cinématique. Tome I : Principes et méthodes*. Paris: Librairie scientifique et technique Albert Blanchard.
- Serrero, M. (1987). Critères de pertinence en physique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 699, 1229-1235.
- Sivardièrre, J. (1988). Utilisation de l'analyse dimensionnelle. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 702, 295-308.
- Ullmo, J. (1969). *La pensée scientifique moderne*. Paris: Flammarion.

Teachers' conceptions of Environment in Togo

MENSAN AZADZI DZAMAYOVO^{1,2}, JÉRÉMY CASTÉRA², PIERRE CLÉMENT^{2,3}

¹Centre des Ressources de l'Innovation et de la Qualité Pédagogique (CRIQ)
Université de Lomé
Togo
nawosur@gmail.com

²Aix-Marseille Université
ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille
France
jeremycastera@gmail.com

³Honorary in University Lyon 1
clement.grave@free.fr
France

ABSTRACT

This communication aims to assess the conceptions of Togolese teachers (in service and in pre-service) about environment. Many studies have highlighted the role of anthropocentric and ecocentric values on teachers and students' conceptions about environment. Anthropocentrism is 'human-centred', conferring intrinsic value mainly to humans. Ecocentrism is 'ecosphere-centred', emphasising the intrinsic value of the interrelated ecological systems. Moreover, a new conceptual axis related to anthropomorphic perspectives has been introduced in this work to analyse teacher's conceptions. To what extent are the Togolese teachers aware of the importance of preserving the environment? Is there some correlation between their ecocentric, anthropocentric and anthropomorphic conceptions? To answer these questions, the Biohead-Citizen questionnaire was administered to 277 primary and secondary teachers, in service or pre-service, in Togo. Multivariate analyses show the presence and autonomy of the three kinds of conceptions, nevertheless with a positive correlation between ecocentric and anthropomorphic conceptions. Primary school teachers are more anthropocentric than their colleagues. These results are discussed in the perspective of improving environmental education in Togo. The discussion also includes a comparison between Togo and four other West and Central African countries (Senegal, Burkina Faso, Gabon, and Cameroon).

KEYWORDS

Environmental Education, teachers' conceptions, Togo, anthropocentric attitudes, ecocentric attitudes, multivariate analyses

RÉSUMÉ

Cette communication vise à évaluer les conceptions des enseignants togolais (en service et en formation initiale) à propos de l'environnement. De nombreuses études ont mis en évidence le rôle des valeurs anthropocentriques et écocentriques sur les conceptions des enseignants et des élèves au sujet de l'environnement. L'Anthropocentrisme est «centré sur l'humain», conférant une valeur intrinsèque principalement aux humains. L'Écocentrisme est «écosphère centrée», mettant l'accent sur la valeur intrinsèque des systèmes écologiques interdépendants. En outre, un nouvel axe conceptuel lié aux perspectives anthropomorphiques a été introduit dans ce

travail pour analyser les conceptions des enseignants. Dans quelle mesure les enseignants togolais sont conscients de l'importance de la préservation de l'environnement? Y a-t-il une corrélation entre leurs conceptions écocentriques, anthropocentriques et anthropomorphiques? Pour répondre à ces questions, le questionnaire Biohead-Citizen a été administré à 277 enseignants du primaire et du secondaire, en service ou en formation initiale au Togo. Les analyses multivariées montrent la présence et l'autonomie des trois types de conceptions, néanmoins avec une corrélation positive entre les conceptions écocentriques et anthropomorphiques. De plus, les enseignants du primaire sont plus anthropocentriques que leurs collègues. Ces résultats sont discutés dans la perspective de l'amélioration de l'éducation environnementale au Togo. La discussion comprend également une comparaison entre le Togo et quatre autres pays d'Afrique occidentale et centrale (Sénégal, Burkina Faso, Gabon et Cameroun).

MOTS CLÉS

Éducation environnementale, conceptions des enseignants, Togo, attitudes anthropocentriques, attitudes écocentriques, analyse multivariée

INTRODUCTION

Multiplication and the growing importance given to international meetings devoted to environmental concerns warn of the seriousness of the current degradation. It is therefore important to play crucial role in this historical turning point where effective measures must be taken to halt and reverse these degradations worldwide. If nothing is done, the point of no return may be achieved.

Environmental Education for Sustainable Development (ESD) is promoted by UNESCO and by most national politics for education (UNESCO, 2009a, 2009b; Clément & Caravita, 2011). Teachers are key-actors to implement it, and several researches analyzed the teachers' conceptions of environment in several countries (Munoz, Bogner, Clément & Carvalho, 2009; Clément & Caravita, 2012).

These conceptions are generally characterized by two poles: anthropocentrism and ecocentrism. Anthropocentrism is 'human-centred', conferring intrinsic value mainly to humans (Callicott, 1984; Larrère, 1987). Ecocentrism is 'ecosphere-centred', emphasising the intrinsic value of the interrelated ecological systems (of which humans are a part). These two poles of attitudes are respectively called "Utilization" and "Preservation" in the 2-MEV model (Wiseman & Bogner, 2003; Bogner & Wiseman, 2004; Munoz et al., 2009; Milfont & Duckitt, 2010).

A third pole has been added: - "anthropomorphism" (Quinn, Castéra & Clément, 2016), a conception that animals can feel and think like humans.

Objective

This communication aims to assess the conceptions of Togolese teachers (in service and in pre-service) about environment according to the 3 poles: To what extent are the Togolese teachers aware of the importance of preserving the environment? Are there correlations between these three poles? Do the Togolese teachers' conceptions differ depending they teach in Primary or Secondary schools, teaching Biology or Language? Finally, only in the discussion, we will compare these Togolese teachers' conceptions with those of teachers in other West and Central Africa countries.

Context

In Togo, the teachers of primary and secondary school are trained in teacher training schools. Access to these schools, by competition, is subject to obtaining the minimum of BAC (A-levels) contrary to the Burkina Faso primary teachers, accessing teachers' training school with the BEPC (GCSE).

However, in-service teachers in Togo are not all from these training schools because they have not worked continuously since their establishment. So many teachers' waves are the product directly from the University. This is not without consequences on the organization of the pedagogical act since they did not have any pedagogical training.

Although the training textbook for primary teachers does not specify that they must have specific expertise in education for sustainable development, many courses have related content to sustainable development. Education for sustainable development is thus implied. But because sustainable development is supposed to be taught in all subjects and all teachers, content related to it could not be taught.

METHODOLOGY

Sample

Our data come from primary and secondary teachers, in service or pre-service, in Togo. Regarding teachers in service, data collection took place in the educational region Golfe -Lomé in which the capital of the country Lomé is located. These teachers were randomly selected from primary and secondary schools in Lomé. Concerning the pre-service teachers, the data collection took place partly at the École Normale Supérieure (ENS) of Atakpamé, (160 kilometers from Lomé) because ENS is the only training school for secondary school teachers in Togo; and partly at the École Normale d'Instituteurs (ENI) of Tabligbo, 80 km from Lomé. At the ENS, the survey covered all pre-service Biology and French teachers. For ENI, 50 pre-service teachers who accepted to participated in the survey were selected

The BIOHEAD-Citizen methodology recommends to gather data from six groups of 50 teachers each. In order to compensate some bad completed questionnaires, we asked a little more than 50 teachers when possible, but a little less for secondary pre-service teachers because, either in French or in biology, the whole population does not reach the 50. After suppression of the questionnaires where >5% questions were not filled out, we had a total of 270 filled questionnaires coming from the six groups:

- InP - 50 in service primary teachers;
- PreP - 51 pre-service primary teachers;
- InB - 44 in service Biology teachers of secondary;
- PreB - 32 pre-service Biology teachers of secondary;
- InL - 50 in service French language teachers of secondary;
- PreL - 43 pre-service French language teachers of secondary.

Questionnaire

We used the Biohead questionnaire, developed and validated by the research project Biohead-Citizen (Carvalho, Clément, Bogner & Caravita, 2008). It includes:

- seven questions related to anthropocentric attitudes A4, A16, A17, A18, A32, A54, A23;
- eight questions related to ecocentric attitudes: A1, A5, A7, A11, A22, A28, A40, A50;
- three questions related to anthropomorphic attitudes: A10, A29, A45;
- five questions related to pro or anti-GMO opinions: A13, A47, A49, A12, A39;
- and seven questions related to practices: A61, A56a, A56b, A56c, P6, P7, P8.

All these questions are randomly distributed inside the questionnaire. For each question the respondent was asked to take a position on a Likert scale of four boxes between “I agree” and “I don’t agree”.

To collect filled questionnaires, two modes of administration were chosen. In the first mode, teachers were grouped and filled in the questionnaire forthwith. In the second mode, the questionnaire was given to their responsible who did the same and then gave us back the filled questionnaires. In any case, when each teacher gave back the filled questionnaire, there was a fast verification to see if he / she effectively answered to all the questions. This administration of the questionnaire started in November 2015 and was achieved at the end of February 2016 in Togo.

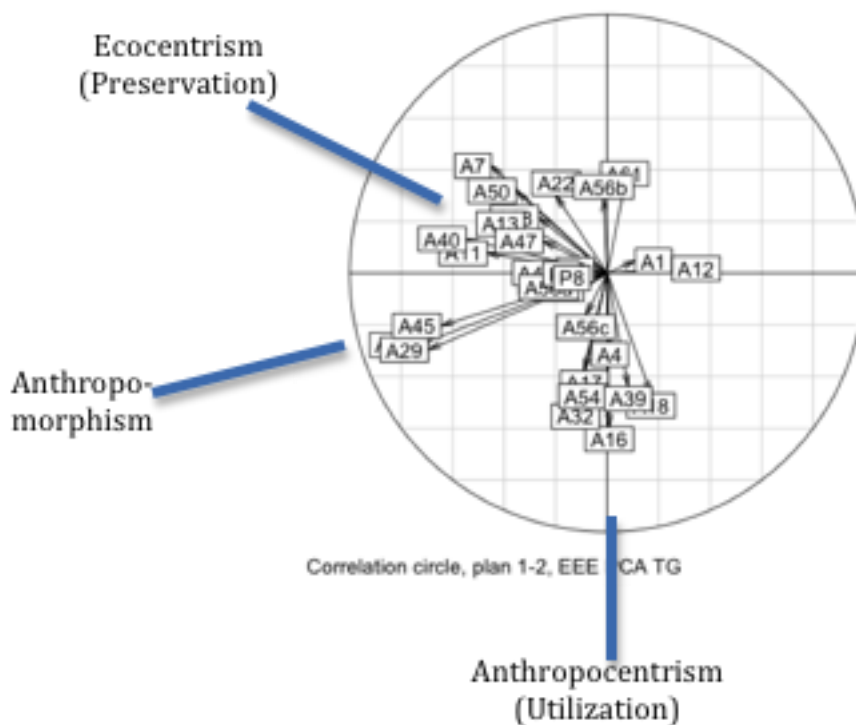
Data analysis

The answers of Togolese teachers were analyzed using the "R" software for multivariate analyses: Principal Components Analysis (PCA) and between-class analyses (Munoz et al., 2009). These conceptions were compared, in the discussion, with data under publication to teachers from four other countries in West Africa.

RESULTS

The Principal Components Analysis

FIGURE 1



PCA – Correlation circle from all the questions related to Environment (Plan 1-2, from the two main principal components)

Anthropomorphism

The first principal component concerns the three items related to anthropomorphism: at left of the horizontal axis of the Figure 1 are the teachers thinking that snails, flies or frogs are able to feel happy, at right of this axis are the teachers thinking these animals are not able to feel happy. It is interesting to notice that most of teachers totally or rather agree with these anthropomorphic items: 80% for the frogs, 70% for the flies and 71% for the snails. That is probably linked to traditional beliefs giving soul to any animal. The other teachers are more influenced by the scientific knowledge in neuro-ethology showing that the brains of these animals are not able to support this complex sentiment.

Anthropocentrism

The second principal component is mainly related to the pole Anthropocentrism (Utilization in the 2-MEV Model): below of the vertical axis (Figure 1) are the teachers who ticked the anthropocentric conceptions of six items, and at the upper part of this vertical axis are the opposite conceptions. A little more teachers ticked anthropocentric conceptions than the non anthropocentric ones: e.g. for the item A16 (*“Our planet has unlimited natural resources”*), 116 ticked *“I agree”*, and 42 *“I rather agree”*: i.e. 158 of the 270 teachers (59%). The same ratio (about 50%) is observed for the five other items related to anthropocentrism, but is a little lower (43%) for the item A4 (*“Nature is always able to restore itself”*). Only the answers to the item A23 (*“We need to clear forests to increase agricultural areas”*) are not correlated to the other anthropocentric items: only 13% of teachers ticked *I agree* or *I rather agree*. Even if Togolese teachers tend to consider nature as resources in a perspective of utilization of environment, in particular as agricultural resources, there is a strong respect of forests, possibly because forests are more considered also as resources than as wild nature to protect.

Ecocentrism (Preservation)

Togolese teachers globally plebiscite the ecocentric conceptions: 94% totally agree with *“A1 – We must set aside areas to protect endangered species”*; 70% with *“A7 - Humans will die out if we don't live in harmony with nature”*; 69% with *“A22 - I enjoy trips to the countryside”*; 69% with *“A40 - It is interesting to know what kinds of animals live in ponds or rivers”*; 77% with *“A50 - All contemporary plant species should be preserved because they may help in the discovery of new medicines”*.

These ecocentric positions are less important when they are in competition with some possible work, in agriculture (33% of teachers totally agree with *“A5 - If an intensive chicken farm were going to be created near where you live, you would be against this because it may pollute the groundwater”*); or in industry (29% of teachers totally agree with *“A28 - It makes me sad to see the countryside taken over by building sites”*).

The Figure 1 shows that the answers to the items related to Ecocentrism are in a middle position between the axis Anthropomorphism and the axis Anthropocentrism. They are only partly orthogonal to the anthropocentric conceptions, while the orthogonality is conform to the 2-MEV Model (Munoz et al., 2009), because several of them are correlated to anti-anthropocentric conceptions (as A7, see above). The horizontal axis of the Figure 1 illustrates a certain correlation between ecocentric and anthropomorphic conceptions.

Are there correlations between anthropocentric, ecocentric and anthropomorphic conceptions?

The opposition, along the vertical axis of the PCA (Figure 1) between anthropocentric and ecocentric conceptions suggests a possible negative correlation between these two sets of conceptions. The Pearson's product-moment correlation show that this negative correlation is low ($r = -0.119$, $p\text{-value} = 0.05$).

The obliquity of the axis Anthropomorphism, between the axes Ecocentrism and Anthropocentrism, suggests possible other correlation. Nevertheless, the Pearson's product-moment correlation shows no significant correlation between Anthropomorphism and Anthropocentrism (p-value = 0.10), but a low but significant correlation between anthropomorphic and ecocentric conceptions ($r = 0.203$; p-value = 0.0008).

Genetically Modified Organisms (GMO)

Only the answers to one of the five items related to GMO are correlated with the anthropocentric conceptions: A39 (“*Genetically modified plants are good for the environment because their cultivation will reduce the use of chemical pesticides (e.g. insecticides, herbicides)*”): 49% of teachers ticked *I agree* or *I rather agree*. This result probably means that GMO are not considered as possible and interesting utilization of the environment, except when their use is claimed to reduce the dangers of pesticides that are very important in Africa.

The answers to two items related to GMO are correlated with ecocentric conceptions (the pole Preservation): 65% of the teachers answered *I agree* or *I rather agree* to A13 (“*Genetically modified organisms are contrary to nature*”), and 55% answered *I agree* or *I rather agree* to A47 (“*Genetically modified plants are harmful to the environment because they will contaminate other crop plants, menacing their survival*”).

The item A49 is more correlated to the scientific knowledge related to GMO, and 66% of teachers had the good knowledge, disagreeing with “*If a person eats genetically modified plants, his/her genes can be modified*”, while the other third was more anti-GMO, agreeing with this proposition.

Finally, the answers to the fifth item related to GMO show that Togolese teachers are not systematically against GMO: 66% of them answered *I agree* or *I rather agree* to A12 (“*Genetically modified plants will help to reduce famine in the world*”).

Practices

The answers to the questions related to practices are not clearly correlated with one of the three axes showed from the PCA (Figure 1). It is nevertheless interesting to notice for 84% of teachers the goal of environmental education is more “*Developing responsible behaviour*” than “*Providing knowledge*” (item 61).

Variations with controlled parameters (Between-class Analyses)

The precedent paragraph shows that sometimes a majority of Togolese teachers agreed (or disagreed) with some items, while in other case, they expressed a variety of conceptions related to some topics. Are these conceptions correlated with some of controlled parameters?

To answer to this question, we did several between-class analyses, each time completed by a randomization test (Monte Carlo type) to identify if the observed differences are significant or not (Munoz et al., 2009).

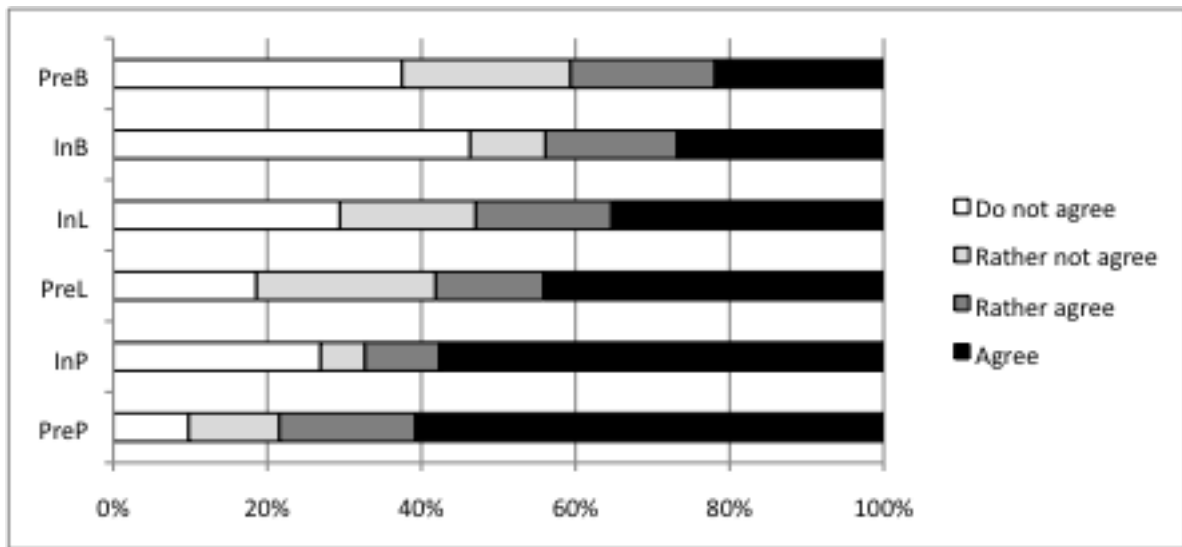
The results show that the Togolese teachers’ conceptions related environment did not vary depending the teachers’ religions, not the teachers’ gender.

They don’t vary when comparing teachers with or without university degrees in biology, but they significantly vary when comparing the level of instruction of teachers (whatever is the matter of their instruction): the 96 teachers with less than 3 years of training at University are more anthropocentric than their 165 colleagues with 3 years of training, and even more than the 9 teachers with more than 3 years of training at University.

When comparing the six samples, Primary school teachers differ from the other samples, being a little more anthropocentric (items A16, A17, A18, A39: Figure 2 for the item A16). Moreover, the in-service primary school teachers (InP) are more anthropomorphic than the pre-service primary school teachers (PreP; items A45, A29, A10: Figure 3 for the item A45). The

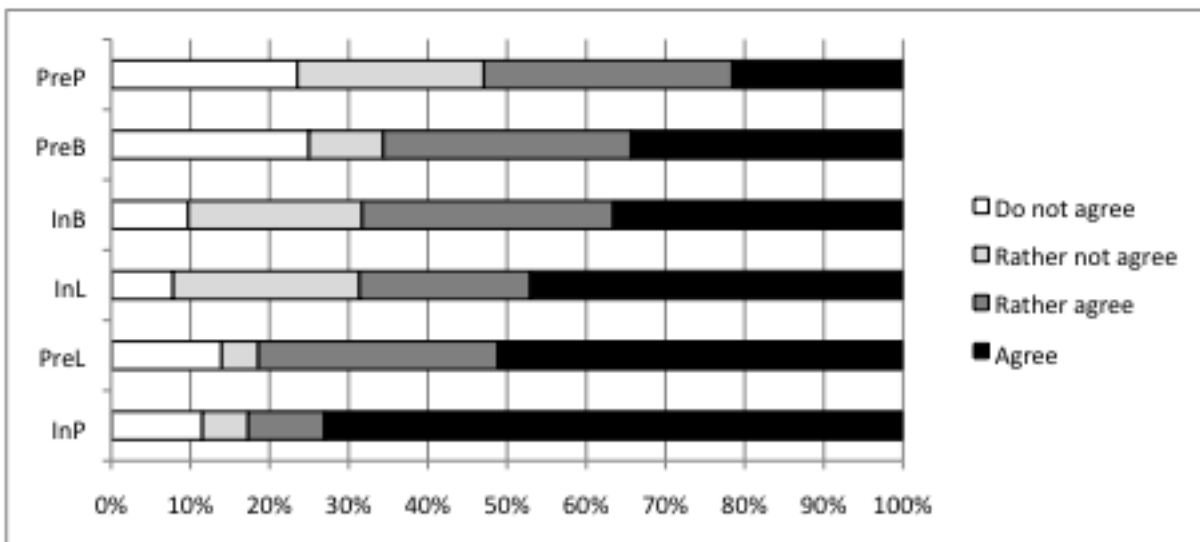
comparison between the Figures 2 and 3 illustrates the absence of correlation (mentioned above) between anthropomorphism and anthropocentrism.

FIGURE 2



Togolese teachers answers to the item A16 (“Our planet has unlimited natural resources”).

FIGURE 3



Togolese teachers answers to the item A45 (“Flies are able to feel happiness”).

DISCUSSION

Our results show that Togolese teachers are more ecocentric than it was expected. For instance 86% of them think that the goal of Environmental Education is more to develop responsible behaviour of children than only their scientific knowledge. A majority of them are also anthropomorphic and can be also anthropocentric. These results illustrate the large independence of these three sets of attitudes, with an exception: the positive correlation between anthropomorphic and ecocentric conceptions. The independence of anthropocentric

(utilization) and ecocentric (Preservation) attitudes was already showed by the 2-MEV Model (Wiseman & Bogner, 2003). Nevertheless, our results show a negative correlation between these two poles, but at the limit of signification (p-value = 0.05), ecocentric attitudes being opposed to anthropocentric attitudes. The most interesting result is the positive correlation between anthropomorphic and ecocentric conceptions, that was not yet described, and is interesting to consider in an educational perspective.

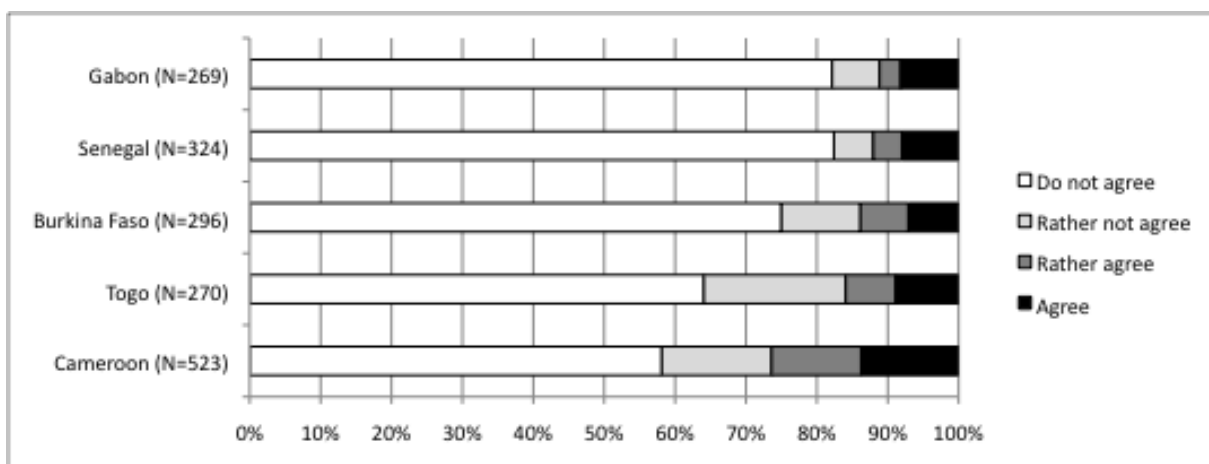
While 79% of Togolese teachers are more confident in scientists than in members of Parliament (question A56a), for 70% of them “*Flies are able to feel happiness*” (Figure 5), that is not proved at all by scientific research and that shows their anthropomorphism: for them, flies (question A45), or snails (question A10) or frogs (question A29) or probably other animals, feel as we, human beings, do. Nevertheless, this non scientific anthropomorphic conception is positively correlated with ecocentric conceptions that are promoted by the goals of Environmental Education. There is here a paradox, that merits to be investigated in the future: is there contradiction between scientific (non anthropomorphic) conceptions and ecocentric conceptions? The Togolese anthropomorphic conceptions are probably linked to animism, which is very present in Togo even if people claim to be Christian or Muslim. Moreover, children are generally spontaneously anthropomorphic: is it a facilitation to adopt ecocentric attitudes, but also an obstacle to learn some scientific knowledge?

The Togolese teachers’ attitudes related to GMO are not dogmatic at all. While most of them think that GMO are contrary to nature, they also agree to use GMO as resources, for instance to reduce famine in the world.

Finally, we can compare our results from Togo with those obtained until now in other West African countries. The figures 4 and 5 start this comparison. Figure 4 shows that the anthropocentric conceptions of Togolese teachers do not significantly differ from those observed in the four other West African countries: in the five countries, 75 to 87% of teachers disagree or rather disagree with the item A32 (“*Humans have the right to change nature as they see fit*”).

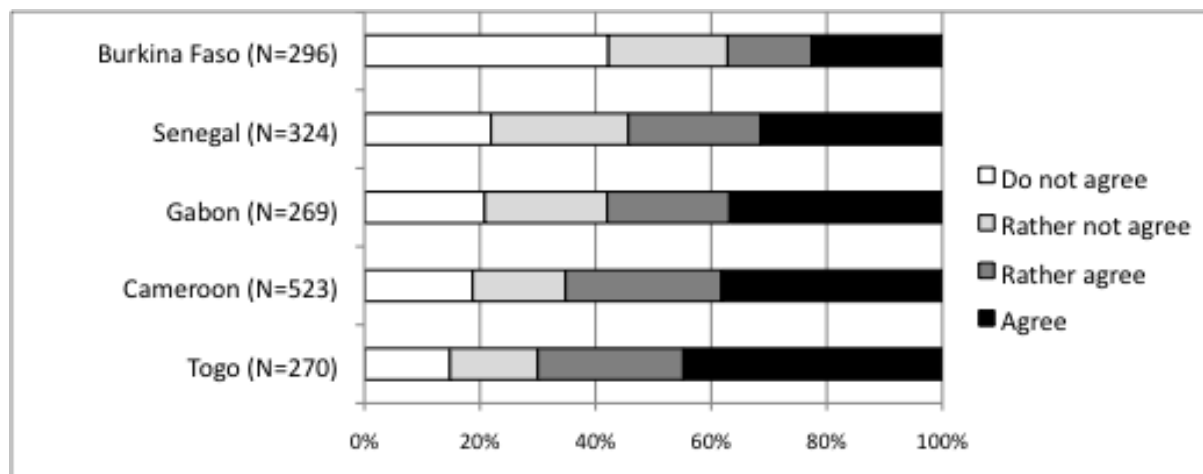
Nevertheless, the Togolese teachers are a little more anthropomorphic than are their colleagues in Burkina Faso, as illustrated by the Figure 5 (item A45 “*Flies are able to feel happiness*”).

FIGURE 4



Teachers answers to the item A32 (“*Humans have the right to change nature as they see fit*”), grouped by country.

FIGURE 5



Teachers answers to the item A45 ("Flies are able to feel happiness"), grouped by country.

These comparisons identify the specificities of Togo when compared to other West African countries, but also the similar conceptions among these West African countries, that strongly differ from those observed in France: most of the French teachers are less anthropocentric and less anthropomorphic than their African colleagues.

At the start of this research, the main questions were to know to what extent are the Togolese teachers aware of the importance of preserving the environment?

Our results show that in general the Togolese teachers are in favor of preserving the environment. However, this predisposition to environmental conservation is less important when they are in competition with the human immediate needs. This tendency, characteristic of many African countries is due to the lackluster socioeconomic context that exists in these countries. The question to ask is do the satisfaction of certain needs is a prerequisite for protecting the environment.

Another important point emerges from our results: the link between anthropomorphic and ecocentric conceptions. This correlation was observed in adult teachers, and merits to be more investigated, including Togolese children: is it useful to promote anthropomorphism at school, through game-plays, stories, or through a valorization of the traditional animism? Nevertheless this anthropomorphism can be also a danger, an obstacle to learning some scientific knowledge. This discussion opens the interest for further investigations.

REFERENCES

- Bogner, F., & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupils' environmental perception in preservation and utilization. *Science Education International*, 15(1), 27-48.
- Callicott, J. B. (1984). Non-anthropocentric value theory and environmental ethics. *American Philosophical Quarterly*, 21(4), 299-309.
- Carvalho, G., Clément, P., Bogner, F., & Caravita, S. (2008). *BIOHEAD-Citizen: Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship, Final Report*. Brussels: FP6, Priority 7, Project N° CITC-CT-2004-506015.
- Clément, P., & Caravita, S. (2011). Éducation pour le Développement Durable (EDD) et compétences des élèves dans l'enseignement secondaire – Rapport d'une étude commandée par l'UNESCO. Retrieved from <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01026073>.

- Clément, P., & Caravita, S. (2012). Diversity of teachers' conceptions related to environment and human rights. A survey in 24 countries. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds), *Ebook Proceedings of the ESERA 2011 Conference, Science Learning and Citizenship*, Part 8 (pp. 42-48). Retrieved from <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01054209>.
- Larrère, C. (1987). *Les philosophies de l'environnement*. Paris: PUF.
- Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2010). The environmental attitudes inventory: A valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 80-94.
- Munoz, F., Bogner F., Clément P., & Carvalho G. S. (2009). Teachers' conceptions of nature and environment in 16 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 407-413.
- Quinn, F., Castéra, J., & Clément, P. (2016). Teachers' conceptions of the environment: anthropocentrism, non-anthropocentrism, anthropomorphism and the place of nature, *Environmental Education Research*, 22(6), 893-917.
- UNESCO. (2009a). *Review of Contexts and Structures for ESD* (by A.E.J. Wals). Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2009b). *The ESD Lens. Results of a review process by seven Southern African countries* (Report by O. Shumba & M. Togo). Paris: UNESCO.
- Wiseman, M., & Bogner, F. X. (2003). A higher-order model of ecological values and its relationship to personality. *Personality and Individual Differences*, 34(5) 783-794.

Technical objects in French middle school: Three-steps project

¹ Aix-Marseille Université, ENS Lyon, ADEF EA4671, 13248, Marseille, France

ABSTRACT

In this article we present a research carried out in order to understand how students (from 12 to 14 years old) relate to technical objects that are part of everyday life and mediated reality. The three-steps of the research with a mixed method are discussed: the exploratory research (57 students) in French classes; interview to 4 children; the extended research (124 students) with the final version of the questionnaire, composed of three parts: 1) the detection of technical characteristics of objects; 2) the ability to create relationships between objects; and 3) the direct use of technical objects and personal interest in sciences and technology. The results show the complexity of the relationship with technical objects and the need for an educational mediated intervention of design and technology education.

KEYWORDS

Artefact; Technical object; Categorisation; Learning; Technological education.

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous présentons une recherche effectuée afin de comprendre comment les élèves (de 12 à 14 ans) appréhendent les objets techniques qui font partie de la vie quotidienne et de la réalité médiatisée. Nous présentons les trois étapes de la recherche: l'enquête exploratoire avec la première ébauche d'un questionnaire papier (57 élèves) dans les classes françaises; l'entretien approfondi de 4 élèves de collège; la recherche élargie (124 élèves) avec la version finale du questionnaire en ligne, composé de trois parties: 1) la détection des caractéristiques techniques des objets; 2) la capacité de créer des relations entre les objets; et 3) l'utilisation directe des objets techniques et l'intérêt personnel eu égard au domaine scientifique et technologique. Les résultats montrent la complexité du rapport des élèves aux objets techniques et l'intérêt d'un enseignement intégré des sciences et des technologies.

MOTS-CLÉS

Artefact ; Objet technique ; Catégorisation ; Apprentissage. Enseignement technologique.

THEORETICAL FRAMEWORK

Many French researchers have been interested in the definition, in comprehension, extension or practical use, of the concept of technical object (Andreucci & Ginestié, 2002; Akrich, 1987, 1993; Cazenobe, 1987; Haudricourt, 1988; Perrin, 1991; Simondon, 1958). Taking into account a broadly meaning, an object (for example a grafted tree, an artificial heart...) can be characterised as "technical" from the moment when its material existence is the consequence of a processing technique used or a traditional an effective action (Mauss, 1936; Sérís, 1994; Sigault, 1990). In the same perspective, Rabardel defines technical objects as "anything that has undergone a

transformation of human origin (...), which is ready to be used, developed in order to be part of finalised activities¹” (1995: 59). So, for a large majority of authors (as also De Vries, 2012; Ginestié, 2011...), the material and technical nature of the object integrates a human intention of manufacture: it explicitly carries the practical goal for which it was designed. In other words, the technical object becomes a necessary mediator in the relationship with reality. But, understanding what the pregnant and significant characteristics of technical objects are for students themselves becomes necessary for a better understanding of their conscious relationship with the world around them. Indeed, as suggested by Ineke, Sonneveld and de Vries (2012), understanding the nature of technical artefacts is a relevant part of technological literacy. Technology education in France is compulsory for all the pupils from 3 to 15 years of age. The specificity and the socio-cognitive role of technical artefacts have long suffered from a lack of attention and reflection in philosophical, psychological and educational approaches. However, some studies have shown (Andreucci, 1990, 2003; Andreucci & Roux, 1992) that their social use promote the early acquisition of socio-pragmatic properties of artifacts (as variability and relativity of bulkiness, filling rate of the containers...) which disturb the subsequent learning of scientific principles (physical and geometric conservation of physical volume) . Another later study (Andreucci & Ginestié, 2002) allowed us, among other things, to demonstrate that the concept of technical object become increasingly restrictive, leading to exclude less “modern”, ordinary and passive artifacts (like clothes, food, household utensils, buildings...). However, the students’ representation conferred to the concept itself of "object" will be more closely examined through this present study. Considering this perspective, the purpose of this article is to understand the relationship experienced by students in the middle of technological literacy education at school. In our opinion this type of research has the potential to contribute to the debate around Technological curriculum and design of objects and their impact on social and work environments.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Aim of the project

From to an early young age children are required to interact with a multitude of technical objects to operate and transform the reality what represent a decisive factor in the Piagetian developmental theory of cognition (Inhelder & Piaget, 1958). In this way, Perrin (1991, p.381) point out « plus que pour une autre science, il semble donc approprié de partir d'une épistémologie constructiviste du type de celle proposée par Piaget pour fonder une science des techniques¹ ».

How children organize and bring order in this gigantic "odds and ends" that constitutes the technological environment? The purpose of this exploratory study was to trace the relationship of students (aged 12-14 years old) with technical objects that are part of everyday life, such as in school, with family or with peers and mediated reality from textbooks, from schooling or media. In this way we wanted to explore three aspects related to:

- 1) General understanding of technical characteristics of objects;
- 2) Ability to make relationships between objects;
- 3) Personal and direct use of technical objects.

¹ Traduction: “More than any other science, it seems appropriate to start from a constructivist epistemology like the same proposed by Piaget to found a science of techniques”.

Research design

The research is organized in the three-steps:

- 1) The exploratory research with a first draft of a questionnaire administered to 57 students in between 12-14 years of age drawn from two different French classes in two different schools;
- 2) The children interview, with the purpose is to highlight new questions before the development of a large scale survey ;
- 3) The extended research with the final version of the questionnaire in digital format (Sphinx).

Methodology

Regarding the methodology, we use a mixed method.

- 1) First step: *the explorative survey*. We first propose a draft of a questionnaire based on the literature review on artefacts categorisation (Cannard, et al, 2006). Usually the categorisation of objects is carried out in small workshops with a limited number of objects and subjects or directly face-to-face between the subject and the researcher. We design to use a questionnaire. The questions have been developed in a process of tuning between research interests, the literature on artefacts and adaptation to the generic didactic objectives of the curriculum of the French Technological Education in middle school. To improve the understanding of the students, it was decided to use closed questions and images. The questionnaires were administered manually to students in classes in a paper version, directly by the teacher after school activities. Considering the length of the questionnaire, it was administered in two sessions of about 20 minutes each. After the data collection, we have proceeded to the analysis of the data, with a qualitative analysis of the responses due to the limited number of participants. This first study is exploratory in purpose.
- 2) Second step: *the interviews*. The second step consists of four interviews (2M and 2F of 11 and 12 years old) made in a college. They belong at the same class. The four students decided to participate freely in the interview, at the invitation of the teacher of biology to the whole class. The four students are choice to have variability in the date of gender (M and F) and of scholastic level (good, average and low). They were interviewed by two of the researchers involved in the project in a separate room (the biology lab) while the class continued the lesson in the classroom. The interview took place in about 30 minutes. The children, seeing the Part II (see after) of the questionnaire in the paper version, were invited by the researcher to reflect aloud on reasoning, in a form of thinking aloud (Kuusela & Paul, 2000), that allows to reconstruct the reasoning implemented. The researcher helped the students to make explicit the reflections and the observations.
- 3) Third step: *the extended survey*. The final version of the questionnaire is set for the extensive research. For the extensive research, the questionnaire was developed in two versions, one for the younger children (11-12 ages) and the second, a full version for the older students (13-15 ages). It is in electronic format and completed online with the software Sphinx (http://sphinx.espe.univ-amu.fr/ade/EnqueteObT_2015-16/questionnaire.htm). The online version allows us to deal with an extensive number of participants and facilitates an initial automatic data analysis. Also, the use of images and the use of only closed questions will save time and facilitate its online completion by students. Specifically, this third step aimed to shed light on how children apprehend some aspects of their current environment according to the age, gender, socio-cultural

environment to which they belong, and the type of area (urban or rural) where they reside. Respect to the explorative survey we reduced the number of items so that time of submission is around 30 minutes. The sample referred consist of classes of about 10 classes from mixed (urban, rural, semi-urban, priority education networks) primary schools and college. We also want to ensure the diversity of educational organizations including institutions involved in innovative activities in scientific and pedagogical education (hands-on, EIST, etc.). The diversity of the institutions involved and their homogeneity within a school network is designed to monitor the effect of variables that are the personal characteristics of students (gender, age, cultural background, curriculum, and school performance, interest science, etc.) and those of educational devices around them.

The structure of the questionnaire

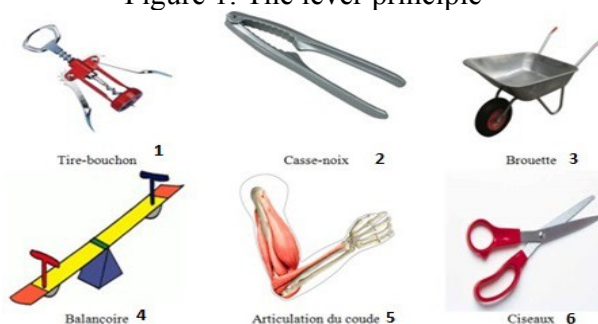
The final version of the questionnaire is organized in three sections and 18 questions.

- Part I) detection of technical characteristics of objects (5 questions);

In this first section we asked the participants to identify and assign technical characteristics (Not an object or Object; Living, Not living or Virtual) to a list of items at various levels of familiarity that included technical objects but also animated and natural entities.

- Part II) ability to create relationships between objects (10 questions). In this second part, we examine the classification of different items and examine the possible relationships between them, considering that knowledge is organized. In each task six images were presented, which included a representative picture and a tag with its name (an example in Figure 1 for the lever principle: 1. Corkscrew, 2. Nutcracker, 3. Wheelbarrow, 4. Swing, 5. Elbow articulation, 6. Scissors).

Figure 1: The lever principle



- Part III) direct use of technical objects and personal interest in the technical and scientific (3 questions). In this section, we have developed three questions related to different aspects:
 - 1) time that students spend using some technological object related to the school and house contexts for formal and informal learning;
 - 2) importance of learning a technology subject;
 - 3) generic students' interest in scientific and technological subjects.

RESULTS

Brief overview of results from the First step: the explorative survey

The results show that for the majority of students there is a consensus of over 50% on the collocation of the items for the category Not an object or Object. In Table 1 we present the items ranked in order of High to Low % for each category.

Table 1: Items classed as Not an object or Object

Item	Not an object	%	Item	An object	%
1	Salad	90	1	Bike	90
2	Volcano	88	2	Scarf	86
3	Tulip	84	3	Sheet of paper	74
4	Boiled egg	76	4	Train	54
5	Nuclear power plant	70			
6	Milk Cow	70			
7	Jam	66			
8	Plane tree leaf	66			
9	Home	58			
10	Submarine	58			
11	Bird's nest	50			
12	Uranium	49			

From results (Table 1) we see a gradation in the attribution of category object and not an object: 1) for some items, the students are almost unanimous in their collocation, for example Salad and Bike reach 90% of agreement in their collocation; 2) for some items the consensus is intermediate, for example the train is placed as an object for 54%, for 34% as not an object and for 12% they don't know; 3) finally for other items there is more dispersion in the consensus. For example, Uranium finds a less clear collocation indicated by 49% as not an object; 15% an Object, and for the last 36% they do not know.

In Table 2 we present the items ranked in order of High to Low % for the Living, Not living or Virtual category.

Table 2: Items classed as Living, Not living or Virtual

Item	Not living	%	Item	Living	%	Item	Virtual	%
1	Wig	98	1	Flu virus	90	1	Avatar	96
2	Snowman	94	2	Coral	90	2	Cartoon	92
3	Frozen fish	84	3	Bacterium	84			
4	Talking doll	74	4	Hair	62			
5	Robot	64						
6	Nails	48						
7	Smileys	46						

We find that most students know that virus, coral, bacteria are part of the living world. However, we note that membership of the living organic attributes such as Hair or Nails are much less evident. The first is considered by 62% to be living and by 30% non-living; vice versa the Nail is

considered by 48% to be living and by 36% a non-living thing. Instead Avatar for 96% of all students is considering as Virtual. In general from Table 1 and 2 we can see that the classification becomes more uncertain for objects less tied to the prototype of their category or more distant from common experience. Also, if we consider technical object as anything that has undergone a transformation of human origin (Rabardel, 1995), these first results show that students have a narrow view of the concept of object.

From the second part of the questionnaire, we see that students show certain flexibility in the categorisation of data, considering that they do not use the same systematic indices to perform their grouping. In general, a functional and contextual categorisation is more activated by the students.

From the third part of the questionnaire, it appears that the use of the smartphone is the most common (more than two hours per day for 36% of students and at least one hour for 27% of them) followed by the use of the internet (2 hours by day for 23% of subjects and between 30 minutes and one hour for 50% of them). From the second question, the awareness of the importance of science literacy as an opportunity for the discovery of reality (65%) was the majority choice. The link between the study of technological objects and future professional choices remains relatively low (26% of answers). From this, it appears that student do not realise the importance of technical and scientific training for their professional future. Finally, we asked the students to indicate their interest in scientific and technological disciplines. The analysis shows that the most interesting for them was thus ranked: 1) greatest interest was in technology; 2) average interest was for physics and chemistry; biology, geology and astronomy; 3) lowest interest, computer science. A detailed description of this research can be found in Impedovo, Andreucci, Delsperies, Coiffard & Ginestité (2015).

Results from the Second step: the interview

The four interviews are listening from the researchers. Significant episodes were identified, with interesting moments in line with our goals. Once selected episodes related to the same item of grouping activity, we proceeded to the transcript of verbal interventions. Then, the researchers carried out a thematic analysis in order to identify different styles of reasoning.

The four interviews show different three styles of answers to the questions proposed: Grouping all the items in the Figure; Grouping some items in the Figure; Grouping as a dyad in the Figure. Here we present an example for each student in relation to the same grouping activity (Figure 1):

- *Grouping all the items in the Figure:*

In a first time, this student (best pupil in the class as indicated by the teacher after the interview) refers to an unusual criteria related to the daily use of the objects rather than their ontological nature (biological or technical) that usually lead to exclude the human elbow. But in a second time after a closer exploration he finds that all objects are articulated. But when we ask more explanation of that we note that he does not know the mean of the terms ‘lever principle’. Later, he had identified some categories (natural, manufactured, energy, non-energy-related). He uses some categories also in the resolution of the successive proposals of grouping. So, we see that he is capable to find others possible links between the proposed items, articulating the different sub-categories of possible grouping, and demonstrating the cognitive flexibility of his thinking.

Excerpt:

R: Do you think we can put them all the items together?

S: They all have a joint, because they move, but we are obliged to take out the wheelbarrow. Others are used in everyday life. So we can group five items together, all but not the wheelbarrow. Ah, here is the wheel, so even it has an articulation, the wheelbarrow ...

R: Are all of them related to the principle of leverage?

S: I do not know.

- *Grouping all or some items but of the same type (technical objects vs biological)*
The second and third (F, M) students (averages pupils), as many students propose one or more groupings between three, four or five items but always without the human elbow. When we draw their attention on the existence of two parts in all items they continue they continue to say that all cannot be grouped.
- *Grouping as a dyad in the Figure:*
The fourth student (F, low pupil) tends to group the items into groups of two and only subsequently sought search for a point of contact between all the items. The grouping for two seems the most plausible for all proposed clusters. He says, only after being prompted, he did not know the term "leverage" principle. Finally, also the fourth student proposes combinations of two, so showing the cognitive rigidity of his thinking, and says he does not know the term "resistance".

Excerpt:

R: Can you choose the criteria from the list below? Do they all use the principle of leverage?

S: no, not all

R: and which not?

S: the swing...

Also in successive groups, certain items are considered unrelated to others, more when they are not linked by a semantic and visual closeness (such as power plants and foods).

Few results from the third step: the extensive survey

Data collection is still in process. The results presented therefore only concern 124 students (60 girls and 45 boys), corresponding to 11 years old (16.8%); 12-13 years old (32.7%) and 14-15 years old (50.5%). 36.8% are in 6e; 21.7% in 5e, 4e and 3e and 41.5% en 2e. The 32.1% followed an «Integrated education of science and technology » and not the 68.9%. Below there are just some of the results found related to the item object or not and biological, mineral, or artificial.

a) *The meaning of concept of objet for students*

Adults give a very broad extension to the concept of objet which might include ideas, natural things, technical artifacts, But what about children? Obviously, our first results (Table 3) show that the materiality of things is not a sufficient criterion to define an object. To a vast majority of the pupils, a volcano, a star, a spider's web, an egg, a birds' nest, a tree leaf is not objects. In accordance with the distinction described by Dagognet (1989), it seems that children differentiate "things" (natural entities) and "objects". But, it is noted that the artificiality criterion (human production) is also a not sufficient criterion to define what is or not an object. Human productions like tunnel, artificial lake, loaf of bread, cornflakes, factory, nuclear power plant, cathedral, bridge... too are not considered objects.

Table 3: Indicates for each word, if it corresponds to an "Object" or not. Click on "I do not know / I do not know that word" if you do not know the answer

Item	Not an objet	12	Bridge	74.0%		Item	Objet	
1	Volcano	94.1%	13	Jam	73.5%	1	Doll house	98.0%

2	Star	91.0%	14	Software	73.3%	2	Model of airplane	97.1%
3	Spider web	89.1%	15	Bird nest	73.7%	3	Box of chalk	95.2%
4	Egg	84.3%	16	Igloo	72.3%	4	Tube mayonnaise	76.0%
5	Tunnel	82.2%	17	Building	72.0%	5	Tin of sardines	67.3%
6	Artificial lake	83.0%	18	Leaf of plane tree	71.6%	6	Honey pot	69.7%
7	French baguette	80.6%	19	Electric scheme	66.3%	7	Sheet of paper	85.1%
8	Corn flakes	78.4%	20	Train	64.0%	8	Artificial heart	61.9%
9	Factory	80.0%	21	Soup in box	62.6%	9	Photography	59.8%
10	Nuclear plant	76.7%	22	Box of aspirin	61.2%			
11	Cathedral	75.0%	23	Submarine	60.0%			

Therefore, these data give nuance to our first study (Andreucci & Ginestié, 2012). If often buildings of food products are not categorized as “technical objects” it is also and first because they are bad representations of the concept of object itself. Indeed we see that’s when it is explicit that food are human products because they are packaged (mayonnaise tube, canned of sardine, pot of honey) they are then considered as objects. In the same way, we observe that a leaf is not an object when it is leaf of tree but when it is a piece of paper it is an object because student know that paper is a made material. In the same way we can see that real buildings are not objects but if they are a functionality of toys (doll house), in this case they are considered as objects because they are concrete and pragmatic tools of playful activities. The same difference appears between train and model of airplane according to the statue of transport vehicle or toy manipulated. The effect of cumulated factors, like dimensions, social function and related action plans.

If the concept of technical object is very complex and difficult to define (Cazenobe, 1987; Akrich, 1987) because of its several dimensions (design, making, function, using...) can see that the concept of object is also difficult to contain. For the students it is related to a combination of criteria (materiality, artificiality, functionality, substantiality, packaging, dimensions,). So, the students’ thinking appears even more complex and discriminant than one might anticipate.

b)The allocation of artificial character of objects

With this item we try to see what students are able distinction to make a distinction between what for adults may be generally grouped together under the terms of "beings" (the living) under the term "things" (entities natural inanimate) and under the terms of "objects" (human productions, artificial entities), in line to the Dagognet consideration (1989): “Let us distinguish these two categories, that of things and that of objects. The stone, for example, belongs to the first -The one of thingness, -while, if cut, polished or simply "marked" and engraved, it becomes a 'clipboard' eventually, but then reports to the products of world or objects²” (p. 19-20). Nevertheless, given the ambiguity that these three terms may contain and to make the task much explicit for students, we proposed to categorize a list of entities indicating whether it is according to them something "biological" or "artificial" or "mineral". After much hesitation, this terminology was preferred to that of using other words including the word "technique" used in a previous study.

2 Original text : « Distinguons ces deux catégories, celle des choses et celle des objets. La pierre, par exemple, appartient à la première –celle de la chose, -tandis que, si elle sciée, polie ou simplement « marquée » et gravée, elle devient un « presse-papier » éventuellement, mais relève alors du monde des produits ou des objets »

Results (Table 4) show that the idea of artificiality appears strongly related to technological innovation: for example, the item "Robot" (figure par excellence of modernity and the incorporation of human intelligence in objects) has the highest percentage of Artificial (88.1%). The heart, even when it is qualified as "artificial" is still considered part of the biological world for nearly 9% of pupils. This applies even aspirin which just over 11% of students assigns a biological nature and 7% a mineral one. This result would itself tend to show that the function of the object (act on living because of its therapeutic action) or even its physical and chemical composition can contribute to not see it as an artificial product, even if there is no doubt that all students (or nearly all) know that this is a manufactured product. A similar comment applies to the "ceramic tooth" seen by nearly 17% of students to be within the biological world and 7% of students within the mineral world.

Table 3: Indicates for each word if it matches something that is Biological, Mineral, or Artificial. You can also answer I do not know / I do not know that word.

Item	Artificial	Item	Biological	Item	Mineral			
1	Robot	88.1%	1	DNA	89.5%	1	Slate	75.0%
2	Artificial heart	87.3%	2	Hair	87.4%	2	Cut diamond	59.8%
3	Box of aspirine	75.8%	3	Nails	78.2%	3	Volcano	59.6%
4	Tooth ceramic	72.5%	4	Egg	77.7%	4	Menhir	58.4%
5	Canned of sardines	71.4%	5	Virus	75.5%			
6	Frozen fish	64.4%	6	Cherry tomato	73.3%			
7	Honey pot	61.4%	7	Spider web	71.3%			
8	Talc box	51.0%	8	Star	51.5%			
9	Sponge	49.5%						
10	Cherry grafted	44.7%						

The boundary between the biological world and the technological world also remains difficult to resolve in terms of biological food products. While being packaged (canned sardines) or processed (frozen fish) or modified (seedless grapes) contributes to make seen them as artificial entities by a majority of students, others (for 17 to 23%) favor their first ontological nature and see them as biological rather artificial entities. In addition, when the transformed character of such entities is less obvious (cherry tomato) due to the absence of incongruity with the organic product they know, most students do not recognize products that take their existence to human intervention. The results are also intended to be deepened with an extended target.

Discussion

In this paper we focus on the methodological steps of a research project about the subjective attributions of students between 12 and 14 years about the technical object.

We start from the consideration of the importance to focus on the technical object. Indeed, the socio-constructivist literature focus the attention on the analysis of human activity (Vygotsky, 1934; Latour, 1994 etc...), giving an important place to the tools (technical or symbolic) that serve as instrument of the activity. A widespread term used is "artifact", used to refer to "anything that has undergone a transformation, however small, of human origin "(Rabardel) or "any object created, manipulated, shaped by humans to an end"(Albero, 2010). However, it is a

widely unusual term in scholastic textbooks. For this reason we don't use in the survey and interview.

For a more general theoretical perspective we can consider that the nature of artefacts is basically embedded in dualism (Kroes & Meijers, 2006; Vaccari, 2013): technical artefacts as such are "mixed" in the sense that they combine scientific properties, physical, chemical, geometrical, that characterise the material objects in the margins of the specific social nature of properties related to their intent, their design, their production, their use and, also, their way of deterioration and recycling - generating significant problems in our consumerist societies.

The study brings us back to the importance of handling and knowledge of the technical objects from "inside", allowing a practical familiarisation through experimentation, observation and manipulation. This is in line with the current discussion on the redefinition and re-organisation of the common core acquisitions for 12 to 14 years old pupils (Lebeaume, 2011). The French national program called the "The common base of knowledge" promoted an updating of technological curriculum, in continuity between college and high school, and with a stronger contextualized approach. The trend is to use different methods of analysis, design and implementation, allow the children to plan own work, searching multiple solutions to the same process. The intervention of technological education should help to change and improve the "meeting" of students with the technical objects by inserting it in a context ascribed to the production, to the world of work and the technical process. In a complementary way, in future research we will consider to explore also the understanding of teachers on some specificity of technology education - as in the study of Hallström and Klasander (2013) about pre-service technology teacher understanding of technological systems.

REFERENCES

- Albero, B. (2010). Une approche socio-technique des environnements de formation. Rationalités, modèles et principes d'action. *Education et Didactique*, 4(1), 7-24.
- Akrich, M. (1987). Comment décrire les objets techniques? *Techniques et culture*, 9, 49-63.
- Akrich, M. (1993). Les objets techniques et leurs utilisateurs, de la conception à l'action. In B. Conein, N. Dodier, L. Thevenot. *Les objets dans l'action*, (pp. 35-57). *Raisons Pratiques*, 4, Paris : Editions de l'EHESS.
- Andreucci, C. (1990). Conservation du volume et non conservation de l'encombrement, *European Journal of Psychology of Education*, V, 3, 309-326.
- Andreucci, C. (2003). Comment l'idée d'instabilité du volume vient aux enfants. *Enfance*, 2, 139-158
- Andreucci, C., & Ginestié, J. (2002). *Un premier aperçu sur l'extension du concept d'objet technique chez les collégiens* (Eng. Trad: A first overview of the extension of the technical object concept among college students). INRP, Lyon (FRA).
- Andreucci, C. & Roux, J.P. (1992). Savoir comparer les contenances pour pouvoir conserver les quantités contenues. *Enfance*, 46, 1-2, 79-98.
- Cannard, C., Bonthoux, F., Blaye, A., Scheuner, N., Schreiber, A., Trinquart, J. (2006). BD2I : Normes sur l'identification de 274 images d'objets et leur mise en relation chez l'enfant français de 3 à 8 ans. <http://gsite.univ-provence.fr/gsite/Local/lpc/dir/blaye/pdf/CannardetalAnneePsy.pdf>

- Cazenobe, J. (1987). Esquisse d'une conception opératoire de l'objet technique. *Techniques et culture*, 10, 61-80.
- Dagognet, F. (1989). *Eloge de l'objet*. Paris : Vrin.
- De Vries, M. J. (2012). In M. J. de Vries and I. Mottier (Eds.), *International handbook of technology education: Reviewing the past twenty years* (pp. 387–397). Rotterdam/Taipei: Sense Publishers.
- Ginestié, J. (2011). How pupils solve problems in technology education and what they learn. In M. Barak and M. Hacker (Eds.), *Fostering Human Development through Engineering and Technology Education* (pp. 171-190). Rotterdam: Sense publisher.
- Hallström, J., Klasander, C. (2013). *Technology Education for Systems Thinking and Sustainability: What Swedish Pre-Service Technology Teacher Students Know about Technological Systems*. PATT 27, Technology Education for the Future—A Play on Sustainability, 2-6 Dec 2013, Christchurch, New Zealand.
- Haudricourt, A.-G. (1988). *La Technologie science humaine: recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*. Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'Homme.
- Inhelder, Barbel; Piaget, Jean (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures*. New York: Basic Books.
- Impedovo, M. A., Andreucci, C., Ginestié, J. (2015). Mediation of Artefacts, Tools and Technical Objects: An International and French Perspective. *International Journal of Technology and Design Education* (Doi: 10.1007/s10798-015-9335-y).
- Impedovo, M. A., Andreucci, C.; Delserieys-Pedregosa A.; Coiffard, C.; Ginestié, J. (2015). Technical objects between Categorisation and Learning: An exploratory case study in French middle school. *Design and Technology Education: An International Journal* (ISSN 1360-1431), 20(2), 32- 49.
- Ineke, F.; Sonneveld, F. W.; de Vries, M. J. (2011). Teaching and learning the nature of technical artefacts. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(3), 277-290.
- Latour, B. (1994). Une sociologie sans objet ? *Sociologie du travail*, 587-607.
- Kuusela, H., & Paul, P. (2000). "A comparison of concurrent and retrospective verbal protocol analysis". *American Journal of Psychology* (University of Illinois Press) 113 (3): 387–404. [doi:10.2307/1423365](https://doi.org/10.2307/1423365). [JSTOR 1423365](https://www.jstor.org/stable/1423365). [PMID 10997234](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10997234/).
- Kroes, P., & Meijers, A. (2006). Introduction: the dual nature of technical artefacts. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37, 1-4.
- Mauss, M. (1936). Les techniques du corps. *Journal de Psychologie*, XXXII, 3-4.
- Perrin, J. (1991). *Construire une science des techniques*. Limonest, l'Interdisciplinaire.
- Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies – Approche cognitive des instruments contemporains. Paris: A. Colin.
- Séris, J. P. (1994). *La technique*. Paris: PUF.
- Sigault, F. (1990). Folie, réel et technologie. *Technique et culture*, 15, 167-179.
- Simondon, G. (1958). *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris : Métot editions.
- Vaccari, A. (2013). Artefact dualism, materiality, and the hard problem of ontology: some critical remarks on the dual nature of technical artefacts program. *Philosophy and technology*, 26 (1), 7-29.
- Vygotski, L. S. (1934/1997). *Pensée et Langage*. Paris : La dispute.

The environments of educational robotics in Early Childhood Education: towards a didactical analysis

VASSILIS KOMIS, ANASTASIA MISIRLI,

*Department of Educational Sciences
and Early Childhood Education
University of Patras
Greece
komis@upatras.gr
amisirli@upatras.gr*

ABSTRACT

This article consist an analysis of educational robotics environments for early childhood and first primary education. Firstly generally presented a problematic for the role of these environments in educational contexts for young children and examined the main research in the area. Then it is developed a framework of didactical analysis of two main categories of educational robotics environments: a) building competencies when constructing and robots and b) constructing computational thinking. Finally, based on this framework the most known educational robotics environments are analysed.

KEYWORDS

Educational robotics, visual programming, didactical analysis, early childhood education, computational thinking

RÉSUMÉ

L'article comporte une analyse concernant les environnements éducatifs de robotique pour l'école primaire. D'abord nous présentons la problématique sur le rôle de ces environnements dans un contexte éducatif pour les jeunes enfants et nous examinons en bref la recherche dans ce champ. Ensuite, nous développons un cadre d'analyse didactique de deux catégories principales d'environnements de robotique éducative : a) construire des compétences en construisant des robots et b) construire la pensée informatique en programmant des robots. Enfin, dans ce cadre nous analysons les environnements robotiques les plus connus.

MOTS-CLÉS

Robotique éducative, programmation visuelle, analyse didactique, éducation primaire, pensée computationnelle

INTRODUCTION

Current approaches for the programs of study (curricula) relating to preschool and first school age, approaching the digital technologies both as object of new literacies (technology fluency, creative

thinking, understanding of the role of technology in community and culture) and as cognitive tools with many implications across the disciplines (problem solving, team-work, inquiry, discovery, experimentation, creativity, critical thinking, communication, cooperation). In this context the educational robotics environments constitute a cognitive tool, which on the one hand supports the development of digital literacy to children and on the other hand can be used as a cognitive tool in a variety of curriculum subjects, such as in the area of STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), or in literacy but even more in constructing high level cognitive abilities (problem solving, critical thinking, decision making, modeling, etc.).

The term “Educational Robotics” refers to the pedagogical approach which the students use the robots to construct knowledge with the help of or for the robots themselves (Papert, 1980). This approach appeared in the 1960s through the educational movement of the Logo programming language (Papert, 1980). Within this context educational robotics consists of a teaching and learning strategy which recruits programmable devices to improve the learning process through project-based learning. As it was pointed out by many researchers, the use of digital technologies involves its own affordances for observation, analysis, modelling and control of various physical procedures (Depover, Karsenti & Komis, 2007; Misirli & Komis, 2014). The pedagogical approach of educational robotics mediating for procedural thinking processes such as: to define a plan, to organize and find a specific solution to the given problem exchanging one’s opinion with those of others (Denis & Baron, 1993). At the same time promotes the development of key components of computational thinking such as algorithmic thinking, programming abilities and modelling (Wing, 2006).

The implementation of educational robotics in early childhood education is seen as a way for introducing different concepts and developing different competencies such as the metacognitive ability, with which the children reflect on the followed cognitive process, improving the ability of problem solving and promoting the ability of spatial orientation (Clements & Nastasi, 1999; Clements & Sarama, 2002). In this article we will deal with robotics environments that have been developed specifically for early childhood education and can favour either learning robotic concepts or skills development of computational thinking using control technologies and automata programming.

CONTROL TECHNOLOGY AND ROBOTICS IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

The current pedagogical approaches for early childhood education support the ability of the child to have control of his activities, while the active participation constitutes one of the basic parameters for the construction of knowledge. Control technologies and robotics applications in particular but also programming and computers are a suitable educational framework within which it is possible to develop high-level cognitive skills, such as: problem solving, critical thinking, algorithmic thinking, team-work, creativity, logical and linguistics abilities, etc (Benitti, 2012).

The high-level cognitive abilities that are developed in early childhood with the use of robotics have been studied since the introduction of the Logo pedagogical approach. The Logo-like programmable robots constitute a distinct category of educational robotics which is appropriate in early childhood and primary education. These games are based on programmable robots which are controlled by the child for the respective movement or path they are ordered to execute. In certain cases the connection with the computer or the tablet may be used. The child conceives and defines the commands which are introduced into the robot following the principles of the Logo like programming language.

The pedagogical approach followed in the case of control technologies is based on development and technical description situations grounded on fundamental command languages, associated in turn with the use of simple (e.g. joysticks) or more complex (e.g. programmable robot) devices. In particular, in the case of programmable robot it is necessary the use of a programming language. The emergence of developmental appropriate robotic devices (like Bee-Bot™ and Thymio) adapted to the abilities of early childhood children enrolled in this perspective. With the inclusion of programmable robots in the curriculum, younger students are introducing to control technology and approaching programming concepts. Then, using programming languages that often accompany imported into more complex concepts approaching this algorithmic approach as a key component of computational thinking.

The domain of robotics is multidisciplinary, including various subjects such as engineering, electronics systems, finite automata, control technology, communication, vision, computing, and systems design. In early childhood education many of the previous concepts may be introduced and delivered through the curriculum. Educational robotics constitutes an appropriate framework for developing key skills (e.g., teamwork, critical thinking, planning, scientific observation, and record keeping). There is a growing emphasis on using educational robotics to support science activities, for example by providing programmable (and often mobile) data-logging platforms.

It is worth mentioning that robotics is an educational approach with a variable dimension, which it can be easily integrated in various educational settings (Bers & Horn, 2010). Moreover, educational robotics may be implemented from early childhood education to develop knowledge in many disciplines. Simple robotics tools permit young children to engage with mathematical processes from an early age such as transformational geometry, unit measure and semiotic processing (Highfield, Mulligan & Hedberg, 2008). Robotics is a cognitive tool through which children have the possibility to approach mathematical concepts, applying strategies such as problem-solving, inquiry and experimentation (Rogers & Portsmore, 2004). Furthermore teaching about and through computer programming and robotics using developmentally appropriate approaches, increases children's sequencing abilities and high order competencies such as problem-solving strategies, abstraction, logical thinking (Kazakoff, Sullivan & Bers, 2013). During the planning and constructing procedure of a robotic model, children of early childhood put into action cognitive abilities which are under development (Papert, 1980). Programming concepts which may be developed within computing environments are not always consisted with cognitive abilities of children of early childhood. There are usually environments which require users to develop the ability of abstract thought (Misirli & Komis, 2014).

Finally, it should be mentioned that several research findings focusing on initial education and teachers' training while developing appropriate teaching interventions for early childhood education (Bers et al., 2002; Bers & Portsmore, 2005; Misirli & Komis, 2014; Kim et al., 2015).

THE ENVIRONMENTS OF EDUCATIONAL ROBOTICS IN EARLY CHILDHOOD

The approach of educational robotics comes directly from the constructionist approach of Logo (Papert, 1980). This approach makes use of a variety of micro-worlds (that require construction or automatic handling with most typical the example of programmable robot 'turtle'), which are used in various teaching situations through meaningful oriented activities for the students. In particular, the pedagogical objectives of robotics can be divided into two main categories: a) handling robots and b) build a robot (Benitti, 2012). Educational robotics in early childhood education is mainly about handling and not building robots and endorses an alternative way of learning programming,

through developing initial thinking component that is to move objects in space. But simple constructions of robots can favour the development of other skills associated with the mechanical and control technologies. Educational robots allow, among other things, the exploration of space "from a distance", without intervention of the body, the exact and logical command language, through an encoding, the prediction of the acts and an algorithmic construction of paths. The educational robotics in first school age makes use of various environments that allow either a simple construction and/or handling robotics. In this context we can distinguish two major types of contexts for early childhood and first school age (table 1): a) the robotics construction kits, Lego-Logo like environments (Kibo, LEGO®-WeDo™) allows construction and programming of the robot and b) programmable robots Logo-like environments (Bee-Bot™, Pro-Bot™, Constucta-Bot™).

Robotics construction kits

A robotics construction kit is an environment in which the robot is made of building blocks, Lego type typically represents the most typical example of educational robotics, as it combines both the construction and the programming section of this pedagogical approach. The robotics construction kits may be used to teach robotics concepts (first-order uses) or as analogical tools for learning in other domains (second-order uses) (Sullivan & Heffernan, 2016). A robotics construction kit is a microworld, which consists of physical interfaces and a symbolic language, and allows the study and creation of articulated robot guided by machine. In this context constructions that are created have an engine, which works either via a special interface with your computer, such as in LEGO® WeDo™ environment, either independently, as in Kibo or Cubelets. The movements of these constructions are made either directly (with remote control), or from small programs or processes that the user has created with the help of appropriate software. These environments make possible additional routes to learning through the provision of immediate feedback and the dual modes of representation (physical and symbolic). The robots can be fitted with sensors and send appropriate messages on the computer, which can then be analyzed and responded based on a program. The user should therefore in principle to build the robot and the plan afterwards. Robotic engineering environments constitute the most complete/appropriate developmental framework for a user to construct robotics knowledge. In addition, engineering robotics offers an educational framework to import concepts from various cognitive areas such as science, technology, engineering and mathematics (STEM). Through the programming language, students can build algorithmic concepts, programming and to develop abilities of computational thinking. As noted by Sullivan & Heffernan (2016), programming environments support a computational thinking learning progression beginning with a lower level of sequencing and finishing with a high level of systems thinking, while concurrently support evolving problem-solving abilities along a continuum, ranging from trial and error to heuristic methods associated with robotics study.

In this category we find robots that follow the approach of tangible programming, and designed specifically for young children like KIBO. KIBO is a robotics construction kit specifically designed for children aged 4-7 years old. Children construct their own robot with KIBO, program it to do what they want, and decorate it. KIBO gives children the opportunity to express their ideas by a physical and tangible way without requiring screen time from computers, tablets or smartphones. KIBO allows children to simulate engineers by constructing robots using motors, sensors and craft materials. Also, it is notable that children are becoming programmers by exploring programming concepts such as sequences, loops and variables (Sullivan, Elkin, & Bers, 2015).

TABLE 1*Robotics construction kits for early childhood and first school age*

Robotics system	Concepts	Competencies	Age
Cubelets	Sensors, motion, input-output, actions, parallelism	Construction, algorithmic thinking, tangible programming	5+
Kibo	Sequence, motion, repeat, selection, sensors, algorithm	Construction, tangible programming, computational thinking	4+
LEGO® WeDo™	Sequence, repeat, selection, sensors, motor	Construction, computational thinking, programming	7+
Poppy Ergo Jr	Humanoid, degrees of freedom	Construction, movement comprehension	6+

Moreover, we can find and most complex construction robotics kits, which can be used in early childhood education like LEGO® WeDo™. The particular robotic system follows the approach developed by Resnick, Ocko and Papert (1988): LEGO/Logo links the LEGO constructions with the Logo programming approach. In using LEGO/Logo, students start by building robots out of LEGO pieces, using not only the traditional LEGO building bricks but pieces like gears, motors and sensors. Then they connect their robots to a computer and ‘write’ computer programs to control their robots (Resnick, Ocko & Papert, 1988). In this category there are no robotics kits which have anthropomorphic characteristics besides Poppy Ergo Jr (Roy & Oudeyer, 2016). The Poppy robotic platform allows printing robots in 3D, like the Poppy Ergo. It is about a robotic arm who planned to perform moves and allows the introduction to programming, plus studying anthropomorphic systems etc.

Programmable robots

The Logo-like programmable robots are prefabricated floor robots, which are programmed by the user to execute a programme (movement or path in space) (Misirli & Komis, 2014). The user designs and specifies the set of commands entered into the robots, on occasion, using the commands of a language, which is a subset of the Logo programming language. It is a ready-made robots that have a simple to use interface with command buttons, which represent basic Logo commands and allow for tangible programming, which is done directly to the robot controller, which makes them relatively easy to use even by pre-schoolers (table 2).

We can distinguish two major categories of programmable robots, suitable for early childhood and first school age. The first one is entirely inscribed to the tradition of Logo and is represented by at the following robots: the Bee-Bot, the Blue-Bot (that is the evolution of basic Bee-Bot adding programmability via mobile device), the Pro-Bot and the Roamer Turtle Robot. The second category is a special robot family represented by Thymio, a robot which takes full advantage of the possibilities of multiple sensors (motion detection, distance, volume, etc.) for carrying out actions in the field. On a technical level both categories function mainly through tangible programming while on a conceptual level, the first one follows the principles of structured programming and the second of event-driven programming. Both from research evidences and educational point of view, the most popular robots are the Bee-Bot and Thymio. The Bee-Bot, which embodies the turtle Logo, is externally represented by an animal (bee) and based on principles of programming language for controlling floor robots. Kids can program complex paths on the floor to solve open-ended problems (Misirli, 2015). The planning of movements is located

at the top of the robot and consists of a set of coloured keys (commands). Children by pressing on the substance type a series of commands for movement and rotation of the robot. Therefore, the Bee-Bot allows the use of basic commands of Logo and especially the structure of the sequence. The Pro-Bot car format, with its main feature a full numeric keypad, support structures and sequence repeat (Repeat), creating procedures and through touch sensor may implement the control structure.

TABLE 2

Programmable robots for early childhood and first school age

Robotics system	Concepts	Competencies	Age
Bee-Bot / BlueBot	Sequence, motion, algorithm	Algorithmic thinking, tangible programming	4+
Pro-Bot	Sequence, motion, repeat, algorithm, procedure	Algorithmic thinking, tangible programming	6+
Roamer Turtle Robot	Sequence, motion, repeat, algorithm, procedure	Algorithmic thinking, tangible programming	6+
Thymio	Sequence, motion, condition, finite-state machine, sensors, events	Algorithmic thinking, tangible programming, computational thinking, problem-solving thinking	6+

The Thymio robot introduces a new programming approach, the event-driven programming. The robot is pre-programmed with six different behaviors: follows an object at a certain distance, explores the space while avoiding obstacles, detect strokes and the direction of gravity, detects and tracks color differences, obey in joysticks, listens and distinguish certain sounds. In addition, through a visual programming language with programming features to handle events, the developer arranges events and actions, defines what will happen when an event takes place. Each pair of "event – action" provides a transition from a situation to another and thus helps us to introduce a very strong concept of Informatics, the finite-state machine.

TEACHING AND LEARNING PERSPECTIVES OF EDUCATIONAL ROBOTICS

The programmable robots constitute the first learning environment through which young children can be introduced and be familiar with basic concepts of robotics and programming. In particular, the environments delivering tangible programming features while introducing the concept of robots, sensors and automation. Robotics engineering environments provide an educational environment to import concepts from various cognitive areas such as motion sensors, which serve as inputs or outputs, mechanical construction, automated actions and implementation of algorithms. With the use of such an environment favoured the development of metacognitive ability, when children reflect on their thought processes that have followed, problem-solving ability is improved and promoted the ability of spatial orientation and awareness. In addition, since children are dealing to a programming language thus they are integrated to a developmentally appropriate educational environment, where evolution of algorithmic and computational thinking takes place.

Tangible programming / visual programming and programming structures

The basic feature of all robotic systems discussed in this article, except for the LEGO® WeDo™, whose programming is carried out via the computer, is running through (or by) tangible programming. The Bee-Bot only works with tangible programming, Blue-Bot and the Bot-Pro are based on tangible programming while can be programmed and digitally (with portable device or computer), the software is programmed Thymio (language/VPL Aseba) but on basic functions work. Tangible programming characterized by physical/tactile relationship developer with the programmable system, with all the cognitive dimensions that this relationship involves the level of early childhood education (Bers & Horn, 2009). At the same time, all the programming languages that come with programmable robot follow the example of the visual programming, which lets the child create programs through the virtual handling programming elements.

At the same time, all the programming languages that come with programmable robot follow the example of the visual programming, which lets the child create programs through the virtual handling programming elements. Since the program flow represented virtual, but writing and understanding/correction programs is relatively easy process. Some environments, such as the Pro-Bot, support and basic iterative structure (repeat) while most, through sensors, can simulate control structures. The programming environment of the LEGO® WeDo™ is more complex because of basic programming structures allows the handling of motor and sensors, which convert the construction into a multi-purpose and automatic capabilities.

Sensors (input-output)

The sensors, devices that detect physical sizes and produce from these measurable outputs, are one of the most important functionalities in a programmable robot. Moreover, it is the most essential element that distinguishes a robotic device from a common computer system. Sensors have been introduced, without always being perceived, in the children's environment, and constitute for them part of their daily life in means such as motion sensors, light, touch, sound, distance, etc. In some robotic systems such as Thymio, sensors are the primary means of communication with the robot since receiving inputs/information from users or to the environment and convert it into actions of the robotic device. In other robotic systems such as LEGO® WeDo™, the sensors are accessories which extend the scope or actions of robotic device. The understanding of the role, function and basic settings of sensors for the automatic handling is now part of the broader knowledge you students are gaining within the context of educational robotics.

Engineering construction - Motor / motion

Handling of a robot allows the analysis of motion that it develops in space and time and of its partial synchronization. By that side robots are introducing the concept of logic thinking for handling the fulfilment of a project or achieving a goal. When constructing a robot a user/child is approaching the problems of transmission and transformation of movements. A user develops the skill to copy a given mechanism or discover another to carry out a given motion.

The user/child may develop different kinds of manipulation depending on the type of robot: a) as a 'puppet' or object for play when representing its moves to pragmatic and semantic language (manual control), b) direct with the help of a controller (analog controller) and c) planning his moves on the keyboard of a computer or directly on it (logic controller-use of a code language).

SYNOPSIS: A FRAMEWORK TO DEVELOP PROGRAMMING AND ROBOTICS CONCEPTS IN EARLY CHILDHOOD AND PRIMARY EDUCATION

In this article we studied robotics educational environments that can be used at early childhood and first primary classes of education aimed at building knowledge and competencies development of computational thinking and robotics. There was a brief didactic and cognitive analysis of nine environments (programmable robots and robotics kits). These environments have varied characteristics, with the main feature the ability to support basic or more advanced programming concepts and to generate a framework through which children are introduced to control technology and robotics if accompanied by appropriate didactic and pedagogical approach.

The educational robotics offers a developmentally appropriate educational context where various knowledge and competencies may be developed and enhanced. In the present study emphasis was given to the knowledge and competencies concerning programming and robotics rather to the abilities developed by learning fields supported by science, technology, engineering and mathematics (STEM). In this context two large categories of competencies are emerged: a) those regarding construction and manipulation of a robot and b) those oriented to programming knowledge. In particular the development and evolution of programming competencies comprises of skills mostly on algorithmic thinking, tangible programming and visual programming, basic programming structures rather on more complex concepts such as even-driven programming. Therefore, environments like Thymio promoting modern programming concepts, which deserves to be studied in early childhood and in first years of primary education. Additionally most competencies of computational thinking may be constructed under the umbrella these two main categories of educational robotics (construction kits, programmable robots).

In robotics, the studied environments allow us to deal with concepts and competencies associated with the move (and hence with the direction and orientation), with the sensors as input and output devices of information but also to build a robot and its engineering issues.

It is obvious that this research area requires more research, either at the level of theoretical approach, either at the level of the development of new tools, and either at the level of implementation in the classroom.

REFERENCES

- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: a systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.
- Bers, M. U., & Portsmore, M. (2005). Teaching partnerships: early childhood and engineering students teaching Math and Science through Robotics. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 59-73.
- Bers, M., & Horn, M. (2010). Tangible programming in early childhood: revisiting developmental assumptions through new technologies. In I. R. Berson & M. J. Berson (Eds), *High-Tech tots: childhood in a digital world* (pp. 49-69). North Carolina: Information Age Publishing.
- Bers, M. U., Ponte, I., Juelich, C., Viera, A., & Schenker, J. (2002). Teachers as designers: integrating Robotics in Early Childhood Education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002(1), 123-145.

- Clements, D. H. & Nastasi, B. K. (1992). Computers and Early Childhood Education. In M. Gettinger, S. N. Elliott & T. R. Kratochwill (Eds), *Advances in School Psychology: preschool and early childhood treatment directions* (pp. 187-246). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clements, D., & Sarama, J. (2002). The role of technology in early childhood learning. *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 340-343.
- Denis, B., & Baron, G. L. (1993). *Regards sur la robotique pédagogique. Proceedings of the 4th international conference on educational robotics*. Paris: INRP, Technologies nouvelles et éducation.
- Depover, C., Karsenti, T., & Komis, V. (2007). *Enseigner avec les Technologies: favoriser les apprentissages, développer des compétences*. Montréal: Presses de l'Université du Québec.
- Highfield, K., Mulligan, J., & Hedberg, J. (2008). Early mathematics learning through exploration with programmable toys. In *Proceedings of the joint meeting of PME 32 and PME-NA XXX*, v. 3 (pp. 169-176), Morelia, México.
- Kzakoff, E. R, Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education*, 41, 245-255.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14-31.
- Misirli, A. (2015). *The development of algorithmic thinking and programming abilities with programmable robots in early childhood education*. PhD thesis, Patras, Greece, University of Patras.
- Misirli, A., & Komis, V. (2014). Robotics and programming concepts in Early Childhood Education: a conceptual framework for designing educational scenarios. In C. Karagiannidis, P. Politis & I. Karasavvidis (Eds), *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 99–118). New York: Springer.
- Papert, S. (1980). *Mind-storms, children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Resnick, M., Ocko, S., & Papert, S. (1988). Lego, LOGO, and Design. *Children's Environments Quarterly*, 5(4). New York: Children's Environments Research Group, the City University of New York.
- Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5, 17-28.
- Roy, D., & Oudeyer, P.-Y. (2016). *IniRobot et Poppy Education : deux kits robotiques libres pour l'enseignement de l'informatique et de la robotique*. Paper presented at the Colloque Didaprodidastic 6, Université de Namur, Belgium.
- Sullivan, A., Elkin, M., & Bers, M. U. (2015). *KIBO robot demo: engaging young children in programming and engineering* (pp. 418-421). New York: ACM Press.
- Sullivan, F. R., & Heffernan, J. (2016). Robotic construction kits as computational manipulatives for learning in the STEM disciplines. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(2), 105-128.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

The soil in the classroom: a middle school case study

FABIO PIERACCIONI^{1,2}, BARBARA FINATO³,
ELENA BONACCORSI², ANNA GIONCADA²

¹PhD Tuscany School - Earth Science XXX Cycle
University of Pisa
Italy
fabio.pieraccioni@for.unipi.it

²Earth Science Department
University of Pisa
Italy
anna.gioncada@unipi.it
elena.bonaccorsi@unipi.it

³Istituto Comprensivo L. Sacchetti
San Miniato, Pisa
Italy
barbarafin16@gmail.com

ABSTRACT

The Earth sciences have a relevant role in building both scientific competences and citizenship skills; nevertheless, in Italian middle and high schools these are prevalently taught with a poorly effective transmissive approach. This work presents the results of a research carried out choosing the soil as a topic and a class of 11-12 years old pupils as target, aimed at exploring the effectiveness of laboratory-based teaching on the acquisition of permanent scientific competences and on the birth of an autonomous way of learning to learn. The teaching approach used well assessed didactic instruments such as the work group, the exercise book and the sharing of observations. The results show that most pupils were able to use the acquired scientific knowledges and skills in different situations and became more aware of their own learning.

KEYWORDS

Middle school, science learning, soil, geoscience

RÉSUMÉ

Malgré l'importance du rôle des sciences de la Terre pour construire des compétences scientifiques ainsi que citoyennes, l'école secondaire Italienne les enseigne surtout par une méthode transmissive et peu efficace. Ce travail montre les résultats d'une recherche réalisée en choisissant le sol comme sujet d'enseignement avec une classe d'élèves de 11-12 ans. Nous nous sommes demandé si un enseignement fondé sur les activités pratiques est efficace pour l'acquisition de compétences et pour la naissance d'une autonomie d'apprentissage. La méthode d'enseignement s'appuie sur des outils didactiques déjà éprouvés, comme le travail en groupe, le cahier d'exercices, la mise en commun des observations. Les résultats montrent que les élèves ont employé

leurs connaissances et habiletés scientifiques dans plusieurs situations et ils ont amélioré leur autonomie dans leurs apprentissages.

MOTS-CLÉS

École secondaire, apprentissage des sciences, sol, géosciences

INTRODUCTION

The instructional sequence that we describe in this paper is part of a wider research on geoscience education in school, included in the PhD program at the Department of Earth Science of the University of Pisa. This program takes into consideration the development and implementation of some science learning sequences in partnership with teachers of nursing, primary and middle schools. Such field of didactic research is slowly developing in the Italian academic community, taking into account that both the scientific literature as well as the teachers' field experiences agree in evidencing that the traditional teaching of science is not effective (Rocard et al., 2007).

THEORETICAL FRAMEWORK

To know the environment in which you live and the processes that led to its current configuration, and that continuously transform it over time, is a necessary condition to be able to take informed decisions as aware citizens, able -for example- to identify connections and relationships, as well as to acquire and interpret the information. In this context, Earth sciences could contribute to the building of the so-called citizenship skills.

Unfortunately, Earth sciences are taught – at least in Italian middle and high schools - using a ‘top-down transmission’ approach. This kind of teaching and learning approach focuses on memorizing rather than on understanding (Rocard et al., 2007); therefore, it often results in short term memorization of ‘mile wide and inch deep’ knowledge.

Research questions

Moving from these considerations, our research investigated if a different approach to Earth science topics could favour both the achievement of scientific competences and an aware learning approach. In particular, we aimed to explore the effects of a daily use of laboratory activities, associated to discussion and verbalization of the experiences and to a continuous use of the science exercise-book, on two learning outcomes:

(1) the acquisition of long-lasting scientific competences (children should be able to observe a phenomenon, to describe it, to face with a different, even if similar, phenomenon, to plan a strategy to study it, even at a distance of time from the end of the learning sequence). Observation is not a superficial exam and needs time to be performed. In an active observation, ‘the observer is checking his perceptions against his expectations’ (Driver, 1986); it is important that pupils are aware of what they are searching (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978). The importance of verbalization and writing in science learning is emphasised by many authors (see e.g. Wallace et al., 2004), even if the daily practice of most science teachers in Italian schools usually neglects it. Finally, the very concept of “competence” implies that pupils are able to manage a task by using their previous experiences, knowledges and skills.

(2) The birth of an autonomous way of learning to learn (Biggs, 1985). Despite a wide literature on this matter, and the relevance which the European (European Council, 2006) and national education institutions (e.g. MIUR, 2012) give to the “learning to learn” competence, this concept is still far from to be clearly defined (Hoskins & Fredriksson, 2006), including cognitive, affective-motivational and metacognitive dimensions. A quite articulate description of this concept can be found in the recommendation on key competences for lifelong learning (European Council, 2006): “*‘Learning to learn’ is the ability to pursue and persist in learning, to organise one's own learning, including through effective management of time and information, both individually and in groups. This competence includes awareness of one's learning process and needs, identifying available opportunities, and the ability to overcome obstacles in order to learn successfully. This competence means gaining, processing and assimilating new knowledge and skills as well as seeking and making use of guidance. Learning to learn engages learners to build on prior learning and life experiences in order to use and apply knowledge and skills in a variety of contexts: at home, at work, in education and training. Motivation and confidence are crucial to an individual's competence*”. Among the different aspects involved in this broad definition, we focused on ‘awareness of one's learning process and needs’; in particular we searched for evidences that children were able to explain what they have learned and how they learnt it.

The chosen learning approach, that is building knowledge through making experiences and reflecting about those experiences, can be overall framed within the “constructivism” theory (e.g. Tobin & Tippins, 1993).

An inquiry-based learning sequence was planned, in which pupils had to face with an Earth science topic by hands-on activities and by shared discussions of their observations. In building the learning sequence, we focused on five points, hereafter briefly listed.

(1) *Query*. In science, the starting point should be a question which is considered interesting and valuable by the investigator. (2) *Observation*. It is not only the mere ‘visualization’ of a phenomenon, but it is an active process, which should start by the employing of our senses, and taking note of regularities, differences, similarities with other phenomena etc. (3) *Investigation*. To find an answer to the starting question, it is mandatory to perform some kind of ‘experiment’ to test one or more hypotheses. It is worth to note that the points (2) and (3) correspond to the single ‘exploration phase’ of IBSE (Anderson, 2002; Bybee et al., 2006; Minner, Levy & Century, 2010); for our research we decided to devote distinct moments to the exploration, both of them followed by discussion and written comments. (4) *Development*. To favour the learning process, it is important that pupils reflect on what they are doing, both individually and in group. In this phase, it is essential to check the written and oral production of the children, as ‘alternative framework’ to explain phenomena (Driver, 1986) could emerge. (5) *Evaluation*. It is the necessary revision of the starting ideas and hypothesis, and the sharing of conclusions, at the light of the new knowledge.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK

The overview of the study

We selected a sample class at the first year of the middle school, that is exactly at the boundary between two different kinds of teaching and learning styles. We chose a relevant topic in geoscience within the curriculum, namely soil. Pupils have some naïve conceptions about the nature of soil, particularly as regards the presence of air, water and life (Brass & Duke, 1995; Helldén, 1995). It is worth to note that appreciating the complexity of the soil as an ecosystem may

favour the responsible use of this not-renewable resource, contributing to form aware citizens (FAO, 2015).

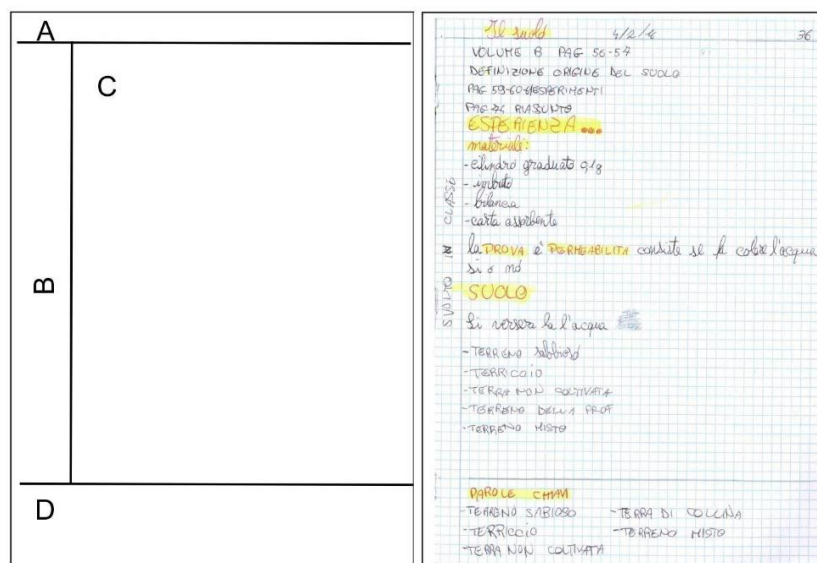
The learning sequence was proposed to 23 pupils of the first class (11-12 years old) at the "I.C. Sacchetti" middle school in San Miniato (Pisa, Italy), in the school year 2015/16. The children were curious and collaborative, with a marked interest in science, but with no training in a laboratory approach in the scientific field. The teacher usually employs a well equipped classroom, specifically dedicated to the science teaching. She considers pupils' exercise-book as a fundamental educational tool, intended to favour the "learning to learn" process. From a week to the other, pupils have to elaborate a report about what happened in the classroom during the last lesson, by re-thinking and elaborating their own notes. The pages of exercise-book are divided in four parts to guide pupils' work, as shown in Figure 1.

Taking into account these features, tracing children's achievements and reasonings was carried out mainly through the examination of their exercise-books and, in general, of their written production.

In order to explore our research questions, the adopted methodology included:

- (1) the planning of the learning sequence, giving relevance to the laboratory and to the use of the exercise-book, and including a final evaluation based on open questions;
- (2) the assignment of a laboratory task, two months after the conclusion of the learning sequence;
- (3) the request of a brief report about the topic. This assignment was requested approximately four months after the conclusion of the learning sequence.

FIGURE 1



Structure of the exercise-book (left) and example page right.

A=Topic, number of page.

B=Location (class, lab, home) and kind of work (homework, exercise, re-elaboration of classroom activities).

C=Description of activities. D=Free notes (keywords, comments)

Organization of the learning sequence

The learning sequence developed on six units, of two hours each, and a final evaluation.

The starting point was the question "what is the soil for you?". Pupils used indifferently the words "earth", "ground" or "terrain" in their explanation, and a lively discussion started about the meaning of the used words. The teacher moderated the discussion leading the class to reason about the significance of "ecosystem".

In the following lesson, the teacher divided the class in groups composed by four or five pupils, and gave them a kit including a hand lens, a magnet, tweezers, a ruler and different types of soil for free observation. Their observations and discoveries (presence of minerals, vegetables, tiny animals, moisture...) were collected and formalised at the beginning of the third unit, within a grid or template. Every child described in the exercise-book the observed soil specifying the finding locality, colour, smell, aspect, consistency, presence of animals and vegetable.

In the fourth lesson, pupils observed that bubbles escaped when water was poured into soil within a glass jar. They guessed that those were bubbles of the air which was contained within that soil. The teacher asked the pupils to close and shake the jar, mixing water and soil. Pupils noted that organic materials were kept afloat. The mixture was left at rest for a week.

In the following lesson, pupils first described the soil and water mixture. Then the teacher provided one beaker with 100 mL soil and one with 100 mL of water and asked the pupils to predict the final volume after mixing them. Some pupils hypothesized a final volume of less than 200 mL, suggesting that part of the water would have occupied the space between particles forming soil. After the experience pupils verified their hypothesis, obtaining approximately 160 mL of mixture.

In the last unit, pupils deepened their investigation of the soil-water system, and faced the concept of permeability. Each group worked with a different kind of soil. Pupils poured 100 mL of water on 100 g of soil, placed in a funnel lined with wet blotting paper. The funnel was placed above a graduated cylinder to evaluate the amount of water passed through the soil in a given time. The second experiment of the day was a simulation of a flood, pouring the same amount of water over three plastic containers with different types of soils, with and without grass. Pupils observed that different quantities of water escaped from the container holes and realized that the presence of vegetation greatly reduced the amount of soil particles taken away by water. In the last experiment the teacher weighed an amount of soil, put it over the radiator and weighed the soil after drying. By measuring the difference of weight, and recalling their previous observations about moisture in soil, pupils suggested the presence of water in the soil.

The learning sequence was monitored during its development through oral queries, controlling the exercise books, reading the homework. At the end, the teacher distributed a questionnaire with open questions about the soil as ecosystem, the general significance of the experience and their report about what they had learnt.

The laboratory task

Approximately two months after the end of the soil dedicated lessons the teacher consigned a clump of soil to each group of pupils, asking them to study it. No particular indication was given, but all the laboratory equipment was available for investigation.

Children reflections

As we were interested in medium and long-term effects of the described approach, we decided to collect the children opinions about the utility of laboratory and exercise-book in their experience of learning, not immediately after the learning sequences but after four months of school activity.

The question was "Did the activity with soil and the use of the exercise-book change your approach to new topics? If yes, how did it change?" and twelve pupils answered in written form.

RESULTS

The results of the analysis of the pupils' production (1) at the end of the learning sequence about soil, (2) after the laboratory task and (3) after four months are reported here below, with an attempt of quantification in terms of number of children who reached the achievements (use of scientific terms, acquisition of skills, conscious learning modality). In considering those numbers, we have to note that some lessons were attended by only 16 pupils. For the point (3) only qualitative results are available.

The examination of the pupils' answers immediately at the end of the learning sequence about soil gives the following results:

- 1) Twenty pupils out of twenty-three stated that soil is an ecosystem; two of them actually specified that soil is just the abiotic component of an ecosystem, being only its skeletal part.
- 2) Sixteen pupils reported the discovery of air in the soil. They described the phenomenon as air that flows in "channels" in the dirt or is located in tiny spaces between grains.
- 3) Ten pupils explicitly asserted they had learned what is the permeability and that it depends on the different kinds of soil.
- 4) Another surprising discovery for ten of the 23 pupils was the presence of water in all kinds of soil.
- 5) Six pupils stated that "the soil is made of layers". Actually, we do not know if this assertion arose from the observation of horizons in soil (for example in the textbook) or from the layers of particles with different grain size which sedimented in water jars during one of the experiments.

At the end of this experimental sequence, most of the pupils use scientific new words, such as "permeability" or "ecosystem", attributing to them a valid significance. Other scientific concepts, e.g. "porosity", are correctly described envisaging channels or spaces between grains, even if only few pupils use the specific term.

As regards the laboratory task, pupils correctly write their observations and independently plan to measure permeability and content of air through the laboratory experiences performed two months before. Ten out of sixteen pupils describe the sample of soil using the criteria of observation shared during the educational sequence.

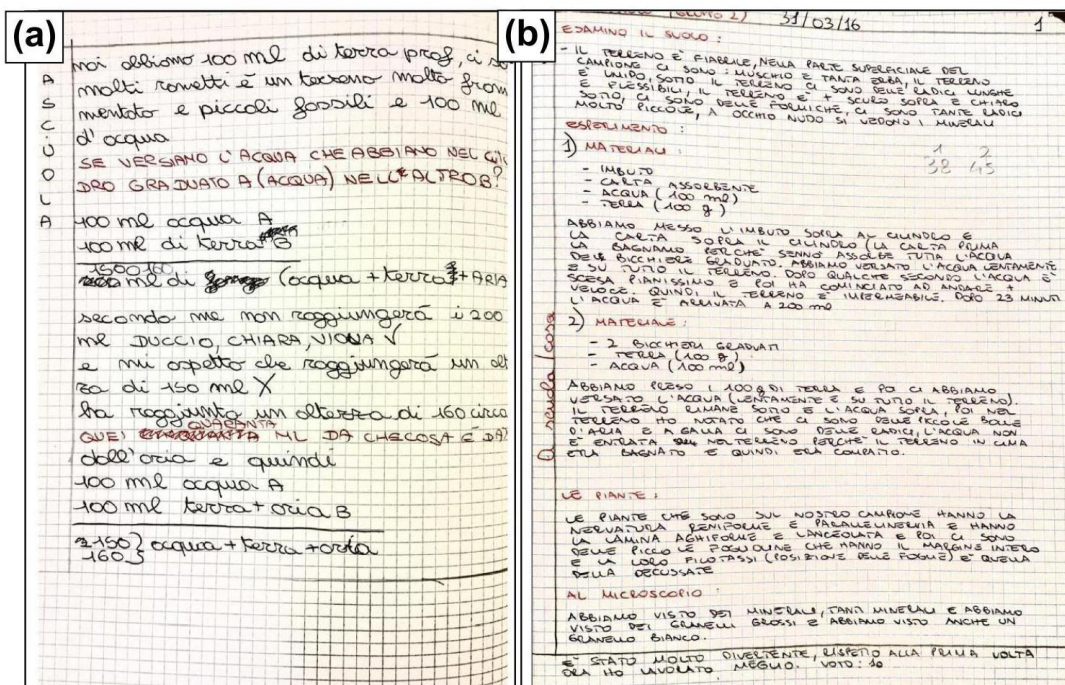
Eleven pupils out of sixteen correctly use all the fields in the pages of the exercise-book, with a significant improvement from the beginning of the sequence to the new laboratory task as you can see in the two examples of pages of exercise-books (Fig. 2).

Finally, as regards the thought of the pupils about their own learning process, most of the answers suggested a change of perspective from a "learn a learning strategy" attitude to being aware of and taking control of one's own learning (Biggs, 1985). Two out of 12 pupils simply list some learned information, one declares that her approach was not changed at all by the activities ("the soil activity did not change my way of studying because it was a topic like any other else"), whereas nine indicate a reflection about pupils' own learning and an awareness of a changed approach:

- "after the activity with soil I changed my approach to a new topic because I think about it",

- "The activity..... was useful because..... we had to understand what happened, and thus use our head".
- "The exercise-book organized in that way was useful to me for learning by understanding better, and not just by learning by heart".
- "experimenting about soil taught to me that information that I find in books have to be applied. Thus, when I find for example a formula in a maths book, I have to apply it by doing exercises".
- "I didn't know that the soil could hide all those information to use the exercise-book and to observe allowed me to note all steps and to understand what I have to do and what I did".
- "At the page bottom, by writing the keywords, it is very easy to learn the fundamental".
- "My approach changed because in the following activities I was able to examine soil by myself".

FIGURE 2



Example page of the exercise book in different moments of the learning sequence

DISCUSSION

The described learning sequence required a significant amount of time to the teachers and a constant and precise work. Anyway, the results indicate that this demanding work is effective in the learning process. Pupils show a different and better organization of their exercise books and, at least in part, of their own knowledge. The acquired scientific skills are revealed by the changed approach towards the observation and investigation processes, which are performed and described in a more systematic way, and confidently repeated in different occasions. The pupils themselves

recognize that the exercise-book is a reference point in their learning. The learning process and the long or medium-term memorization is favoured by the experimental handling of soil, too. The memory of the active experiences, associated to verbalization, is less 'volatile' than the teacher words and those experiences are retained in the minds of pupils, so that they are able to recall them and use them even after a relatively long time.

Both the tools (laboratory approach and intensive use of the written elaboration) are probably responsible in making pupils aware of their own learning, namely "learning by understanding better, and not just learning by heart", to use the words of one of the pupils. This sentence and similar others indicate an attempt of meta-cognitive thinking about their personal attitude towards learning.

REFERENCES

- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Ausubel, D. P., Novak J. D., & Hanesian, H. (1978) *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Biggs, J. B. (1985). The role of meta-learning in study processes. *British Journal of Educational Psychology*, 55, 85-212.
- Brass, K., & Duke, M. (1995). Primary Science in an Integrated Curriculum. In P. J. Fensham & R. F. Gunstone (Eds.), *The content of Science: a constructivist approach to its teaching and learning* (pp. 100-111). London: The Falmer Press.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: origins and effectiveness. A report prepared for Office of Science Education National Institutes of Health*. Colorado Spring, USA: BSCS.
- Driver, R. (1986). *The pupil as scientist?* UK: McGraw-Hill Education.
- European Council (2006). *Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning* (2006/962/EC). Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN>.
- FAO (2015). *Status of the World's Soil Resources*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>.
- Helldén, G. (1995). Environmental Education and pupils' conceptions of matter. *Environmental Education Research*, 1(3), 267-277.
- Hoskins, B., & Fredriksson, U. (2008). *Learning to learn: what is it and can it be measured?* EUR-Scientific and Technical Research series, JRC46532. Retrieved from <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC46532>.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - what it is and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- MIUR (2012). *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione. Annali della Pubblica Istruzione, Numero Speciale*. Firenze: Le Monnier (in Italian).

Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the future of Europe. Brussels: European Commission*. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.

Tobin, K., & Tippins D. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. In K. Tobin (Ed.), *The practice of Constructivism in Science Education* (pp. 3-21). New York: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Wallace C. S., Hand, B. B., & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the Science classroom*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Usage des technologies en mathématiques à l'école maternelle et connaissances professionnelles des professeurs

SYLVAINES BESNIER

Centre de Recherche sur l'Apprentissage et la Didactique
Université de Bretagne Occidentale
France
besniersylvaine@gmail.com

RÉSUMÉ

Intégrer les technologies en mathématiques suppose pour le professeur la conception de nouvelles situations. Ce travail est complexe du point de vue des choix didactiques à effectuer par le professeur. Concevoir et mettre en œuvre un enseignement ayant recours aux technologies d'une manière qui favorise les apprentissages implique des évolutions dans les ressources, les pratiques et les connaissances professionnelles des professeurs. Dans cet article, nous explorons ces aspects. Notre recherche s'appuie sur le travail d'un groupe associant chercheurs, formateurs et professeurs, le groupe MARENE. Ce groupe développe des ensembles de ressources (logiciels, matériel tangible, scénarios) pour l'enseignement du nombre à l'école maternelle. Nous étudions le travail documentaire d'un professeur membre de ce groupe mettant en œuvre ces ensembles de ressources. Nous examinons les usages réalisés et cherchons à déterminer la contribution de ces derniers au développement professionnel de ce professeur. Nous nous référons pour cela au cadre de l'approche documentaire.

MOTS-CLÉS

Connaissances professionnelle, logiciels, genèses documentaires, mathématiques, ressources

ABSTRACT

Integrating technology in mathematics implies for teachers designing new situations. Designing and implementing teaching units with these resources, in a fruitful way, is complex. It probably implies that these resources, along with teachers' practices and professional knowledge, evolve. In this paper, we explore these aspects. Our research is based on the work of a group involving researchers, trainers and teachers, the MARENE group. This group develops sets of resources (software, tangible material, scenarios) for teaching numbers in kindergarten. I study the documentation work of a teacher who belongs to the group, implementing several sets of resources. I examine how she uses these sets and seek to determine the contribution of these uses to teacher's professional development. Our theoretical framework refers to the documentational approach.

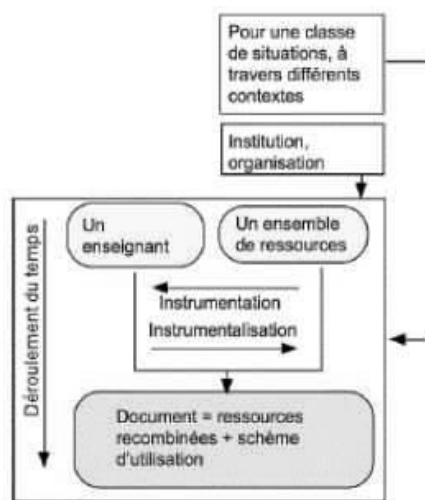
KEYWORDS

Documentational genesis, mathematics, professional knowledge, resources, software

CADRE THÉORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous retenons le cadre de l'approche documentaire du didactique (Gueudet & Trouche, 2010). Cette approche considère les interactions avec les ressources comme centrales dans le travail des professeurs et dans leur développement professionnel. Le terme ressource est ici pris au sens large : tout ce qui peut re-sourcer le travail du professeur (Adler, 2010). Il englobe des ressources matérielles (manuels, logiciels par exemple), mais aussi des ressources sociales et culturelles (discussions avec les collègues, propositions des élèves). Au cours de son *travail documentaire*, le professeur interagit avec des ensembles de ressources qui sont travaillées (adaptées, révisées, réorganisées) au cours de processus associant étroitement conception et mise en œuvre. L'approche documentaire distingue les ressources à disposition d'un enseignant, des documents développés au cours d'une activité finalisée. Un ensemble de ressources donne naissance, pour une classe de situations d'activité professionnelle donnée (Rabardel & Bourmaud, 2005), à un *document*. Le document est composé de ressources recombinaées et d'un schème d'utilisation (Vergnaud, 1996). Les schèmes organisent l'action en situation ; ils sont notamment constitués d'invariants opératoires et de règles d'action. Les invariants opératoires sont des connaissances professionnelles du professeur. Le processus de développement d'un document à partir de ressources est appelé *genèse documentaire* (Figure 1).

FIGURE 1



Représentation de la genèse d'un document (Gueudet & Trouche, 2010, p. 59)

Ces genèses comportent un double mouvement : le professeur s'approprie les ressources, les met à sa main en fonction de ses objectifs et de ses connaissances professionnelles (instrumentalisation) ; les caractéristiques des ressources façonnent l'activité et les connaissances professionnelles du professeur les utilisant (instrumentation). L'analyse de documents développés par le professeur nous permet d'analyser son développement professionnel. En effet, face à de nouvelles ressources, à une nouvelle classe de situations, le professeur puise dans son répertoire de connaissances professionnelles ; celles-ci sont modifiées, associées, engendrant de nouvelles connaissances professionnelles (Besnier & Bueno-Ravel, 2014). Dans cet article nous nous

proposons d'étudier les questions suivantes : quelles sont les connaissances professionnelles des professeurs enseignant les mathématiques à l'école maternelle dans le cas de la conception et de la mise en œuvre de situations mathématiques impliquant des ressources technologiques ? Est-ce que cette mise en œuvre conduit à des évolutions de connaissances, et lesquelles ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à ces questions, nous nous centrons sur une étude de cas extraite de notre thèse. Nous avons notamment suivi sur deux années l'utilisation faite par Carole, une enseignante expérimentée, de deux ensembles de ressources élaborés au sein du groupe MARENE, Voitures et garages et Train des lapins. Tout d'abord, nous décrivons ces ensembles de ressources. Puis, détaillons notre méthodologie. Ensuite, nous analysons plus précisément les usages faits par Carole de l'un des ensembles de ressources proposés (Voitures et garages). En conclusion, nous reprenons les résultats exposés et donnons quelques perspectives à ce travail.

PRÉSENTATION DES ENSEMBLES DE RESSOURCES

Voitures et garages (VG)

Cette situation, conçue autour du nombre mémoire de la quantité, est utilisable dès la moyenne section (MS, élèves de 4 ans). Les élèves disposent d'un lot de garages et doivent aller chercher, dans un endroit éloigné, en un seul trajet, juste ce qu'il faut de voitures pour que chaque garage contienne une voiture et qu'il ne reste pas de voitures sans garage. Le groupe MARENE a développé à partir de cette situation en environnement tangible un logiciel (voir le tutoriel en annexe I). Sur le logiciel (comme pour la situation en environnement tangible), le professeur peut choisir le nombre de garages qu'il propose aux élèves ainsi que la disposition des garages (en ligne ou en vrac). Une disposition en ligne peut faciliter l'énumération des garages contrairement à une disposition « en vrac » (Figure 2, pour le logiciel). Le matériel tangible est constitué de boîtes d'allumettes dont le fond constitue la voiture et le couvercle, le garage (Figure 3).

FIGURE 2



Copie d'écran de l'écran du maître

FIGURE 3



Matériel tangible : des lots de boîtes d'allumettes

En 2013, a été intégré à cet ensemble de ressources, suite aux expérimentations en classe, un système d'étiquettes affichables au tableau¹. Ce système peut par exemple être exploité dans un objectif de mise en commun des procédures des élèves (Figure 4). Le professeur dispose également de scénarios proposant des pistes pour mettre en œuvre cette situation et d'un tutoriel du logiciel.

FIGURE 4

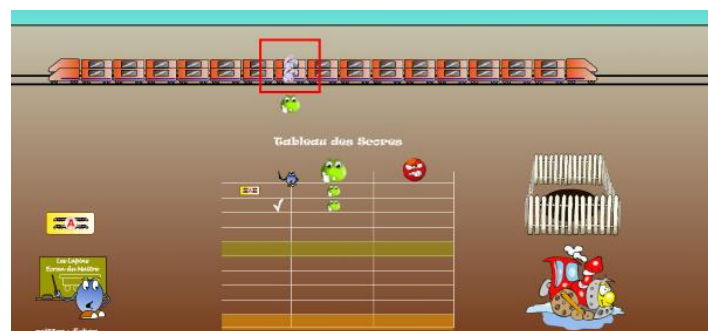


Système d'étiquettes conçu par un des professeurs (Mia)

Train des lapins (TDL)

Cette situation, conçue autour du nombre comme mémoire de la position, peut être utilisée dès la grande section (GS, élèves de 5 ans). Les élèves disposent de deux trains, éloignés l'un de l'autre : un train modèle et un train élève. Le professeur place un lapin dans un des wagons du train modèle. L'élève doit placer sur son train un lapin dans le même wagon que celui du train modèle. La validation se fait en positionnant les deux trains l'un sous l'autre pour vérifier si les deux lapins sont dans le même wagon (Figure 5).

FIGURE 5



Copie de l'écran de validation

Le groupe MARENE a développé à partir de cette situation un logiciel (voir le tutoriel en annexe II). Avec les deux ressources, le professeur peut choisir le positionnement du lapin dans le train

¹ Ce système d'étiquettes a été créé en cours de séquence par un professeur membre du groupe.

(plus ou moins près des locomotives), le nombre de lapins à placer dans le train (jusqu'à 3 lapins). Dans le cas du logiciel, il peut également faire varier plus facilement la longueur des trains. Le matériel tangible est constitué de plusieurs lots de deux trains plastifiés d'une même couleur et d'étiquettes lapins repositionnables (Figure 6).

Des fiches activités reprenant la situation en environnement « papier crayon » sont disponibles (Annexe III). Comme pour la situation Voitures et Garages, le professeur dispose de scénarios proposant des pistes de mise en œuvre et d'un tutoriel.

FIGURE 6



Lots de trains plastifiés

MÉTHODOLOGIE

Données recueillies

Nous avons suivi le travail documentaire de Carole pendant deux ans. Carole est une enseignante expérimentée exerçant dans une commune limitrophe de T., une ville d'importance moyenne. Elle appartient au groupe MARENE depuis 2012. En année 1 elle exerce en GS, en année 2, elle exerce en double niveau dans une classe de MS/GS. Elle accueille 10 élèves de MS. Nous disposons des fiches de préparation et des notes de séances produites par Carole. Nous avons mené plusieurs types d'entretiens (pré mise en œuvre et bilan). Lors des entretiens bilans, des extraits vidéo de séances sont montrés au professeur. Ce dispositif vise à stimuler la réflexivité du professeur sur sa pratique qui nous semble à même d'éclairer son action. Nous avons filmé plusieurs séances sur les deux années. Les vidéos permettent de capter les choix de mise en œuvre, les transactions élèves/professeurs/ressources. De plus, les productions des élèves constituent des ressources pour le professeur. En fonction de ces productions, le professeur adapte son enseignement, modifie ses choix de mise en œuvre. L'observation vidéo répond à la nécessité de capter les productions gestuelles et langagières des élèves de cet âge. De plus, nous sollicitons le regard réflexif du professeur sur sa pratique. Les vidéos rendent alors accessibles au professeur les situations de classe dont il est traditionnellement l'un des acteurs.

Traitement des données

Nous souhaitons repérer les documents développés et identifier les éléments qui les composent. Nous suivons une démarche en deux étapes. Une première étape consiste en une réduction de nos données au fil du suivi. Nous transcrivons les différents entretiens. Puis, nous procédons à leur codage en réalisant un découpage du discours du professeur en plusieurs thèmes : *ressources*, *activité professionnelle* et *connaissances professionnelles*. Pour traiter les vidéos, nous

produisons des synopsis de séquences et de séances. Dans une deuxième étape, il s'agit d'identifier et de comparer les documents développés et les mises en œuvre proposées d'une année sur l'autre. Nous produisons alors deux types de représentations : des *tableaux documents* (Gueudet & Le Henaff, 2015) et des planches de bande dessinées. Les tableaux documents sont des éléments de représentation des documents du professeur (voir Figures 8 et 9). En cohérence avec notre cadre théorique, le tableau document reprend l'idée que le document est développé dans le contexte d'une classe de situations d'activité professionnelle, en référence à un but et qu'il est composé de ressources recombinaisons, de règles d'action et de connaissances professionnelles (invariants opératoires). Le renseignement de ces tableaux est alimenté par les entretiens analysés de façon thématique, les synopsis, les données naturelles du professeur. Nous produisons également des planches de bandes dessinées (Morales Ibarra, 2014, voir la Figure 7). Les planches permettent de concentrer le regard sur une sélection d'interactions professeurs/élèves/ressources.

ANALYSE

Dans cette partie, nous présentons une analyse de la séance 3 menée en année 2 à partir des ressources VG. Nous nous centrons sur le document développé pour un moment d'introduction et de découverte. Nous comparons cette séance et le document développé avec des séances menées en année 1 comportant des moments d'introduction et de découverte. Nous décrivons d'abord l'organisation retenue pour la séance 3. Puis, nous analysons les genèses documentaires de Carole.

Descriptif et planche de BD

Cette séance est la troisième vécue par les élèves de Carole. Lors des séances 1 et 2, Carole a choisi de faire travailler ses élèves à partir du matériel tangible, les élèves ont donc déjà une première expérience de la situation mathématique proposée sur le logiciel. Dans une phase 1, Carole présente le logiciel à son groupe complet de Moyenne section. Elle articule pour ce but trois ressources les boîtes, le logiciel et un système d'étiquettes élaboré à partir de photographies de l'écran du logiciel. Dans une phase 2, Carole répartit ses élèves par binômes et en individuel pour un temps de travail sur le logiciel. La Figure 7 montre l'organisation retenue pour la phase 1.

Nous nous intéressons à la phase 1 de cette séance. Lors de cette phase, Carole re-contextualise dans un premier temps la tâche mathématique qui va être vécue sur le logiciel par les élèves. Elle mobilise pour cela les boîtes. Un élève, Denis réalise devant ses pairs la tâche. En réalisant celle-ci, Denis donne à voir les critères de réussite de la tâche mathématique. A ce stade de la leçon, Carole n'institutionnalise pas de procédure gagnante pour réussir cette tâche et qui correspondrait à l'apprentissage mathématique visé : se servir du nombre pour mémoriser une quantité. Elle ne revient donc pas sur la procédure utilisée par Denis, dénombrer d'abord les garages, puis, constituer une collection semblable de voitures. Elle se contente à ce moment de la séance de verbaliser pour le groupe les règles du jeu : « *tu dois y arriver d'un seul coup* ». Elle énonce ensuite comment les élèves peuvent savoir qu'ils ont gagné en « *jouant* » à ce jeu, c'est à dire les critères de réussite de la tâche : « *Parfait, il y a autant de voitures que de garages* ». Cette verbalisation du professeur est reprise par l'un des élèves qui, regardant les garages remplis par Denis, valide la solution proposée par cet élève : « *Oui c'est bon* ». Dans un deuxième temps, Carole manipule le logiciel et le système d'étiquettes affiché au tableau. Nous notons qu'elle laisse de côté lors de ce temps les aspects mathématiques exposés précédemment au regard des

élèves. Il s'agit lors de la manipulation du système d'étiquettes et du logiciel de communiquer un mode d'emploi de l'outil informatique comme le montrent les interventions de Carole dans la Figure 7. Il s'agit là de comprendre comment jouer avec le logiciel ce qui inclut en priorité pour Carole la maîtrise conjointe de la souris, des commandes et l'appréhension des différents espaces proposés dans l'écran du logiciel.

FIGURE 7

Carole fait un rappel de la situation vécue et des critères de réussite de la tâche avec les boîtes. Un élève, Denis fait un essai devant le groupe

Tu dois y arriver d'un seul coup, j'avais mis les garages là [...] et tu vas me faire ton petit marché

Parfait y a autant de voitures Que de garages !

Oui !! c'est bon !

Carole introduit le logiciel L'écran d'accueil apparaît

Des voitures!! Elles Attendent des garages elles vont dedans !

Vous avez vu quand on regarde l'écran, il y a plusieurs morceaux[...] il y a quatre endroits différents

Carole introduit un système d'étiquette affiché au tableau et le fait évoluer

Quatre morceaux on est d'accord ? Un deux trois quatre, alors je les ai représentés sur ma feuille comme ça on verra mieux parce que là y a l'écran les lumières tout ça on est un peu serrés c'est pas facile

85	Ca: ah ? Qu'est ce qu'il y a là ? Rien pour le moment !
86	E: et toute à l'heure elles allaient dans les garages
87	Ca : alors on va regarder comment on fait pour jouer, alors j'ai ma petite souris qui gigote euh ma petite voiture qui gigote je vais la mettre là... et donc ici j'ai une voiture là j'en ai plusieurs... moi là comme j'ai pas beaucoup de place j'en met que deux et vous avez vu qu'ici on met plein de voitures et ici ?
88	E+++ : des garages !
89	Ca : alors là.... ils sont posés à des endroits différents et alors quand je vais cliquer sur ma petite souris celle là, elle gigote bon elle se dit « bon ben moi je suis prête hein c'est quand tu veux, mais si tu es prêt on y va ! » donc on va lui cliquer dessus donc on clique sur le bouton, là où il y a une petite gommette

L'écran d'appropriation apparaît. La séance se poursuit par la réalisation d'un essai en appropriation sur le logiciel.

Planche de BD : un moment d'introduction et de découverte

Nous avons donc noté dans cette phase de la séance l'articulation successive de trois ressources : les boîtes, puis le système d'étiquettes associé au logiciel. Cette articulation de ces trois ressources pour concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte est une nouveauté pour Carole. Nous notons une différence entre les documents développés par Carole sur les deux années pour cette classe de situations d'activité professionnelles. Dans ce qui suit, nous revenons sur les genèses documentaires de Carole, nous revenons en particulier sur la genèse de la ressource « système d'étiquettes » et nous cherchons à expliquer les différences entre les deux documents développés à un an d'intervalle.

Genèses documentaires

Pour concevoir le système d'étiquettes, Carole s'est appuyée sur une ressource intégrée en année 2 à l'ensemble de ressources VG : le système d'étiquettes manipulables. Cette ressource, imaginée par un autre professeur (Mia) pour mener des phases de synthèse, a été présentée à Carole lors de l'entretien bilan mené en année 1. La mobilisation d'un tel système pour soutenir la présentation du logiciel est nouvelle pour Carole. Le document développé par Carole en année 1 pour la classe de situations d'activité « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte » (Figure 8) est ainsi différent du document développé pour cette même classe en année 2 (Figure 9).

FIGURE 8

But de l'activité	Ressources	Règle d'action, manière de faire	Invariant opératoire
Concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte	Logiciel sur un poste Fiche équipement informatique (astuces)	-commencer avec un groupe d'élèves « experts » - fixer un mode d'emploi du logiciel et de la souris - rappeler la situation vécue en environnement tangible par des interventions verbales	- les élèves experts permettent de repérer des difficultés liées à la manipulation du logiciel - les élèves peuvent avoir des difficultés à faire le lien entre le déplacement de la souris, du curseur et la tâche qui leur est demandée. - les élèves s'approprient mieux le logiciel et son mode d'emploi si un lien explicite est fait entre les ressources tangibles et le logiciel

Tableau document « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte » - année 1

Dans ce qui suit nous revenons sur les caractéristiques du système d'étiquettes créé par Carole puis, nous cherchons à expliquer les différences entre les deux documents développés pour une même classe de situations d'activité à un an d'intervalle.

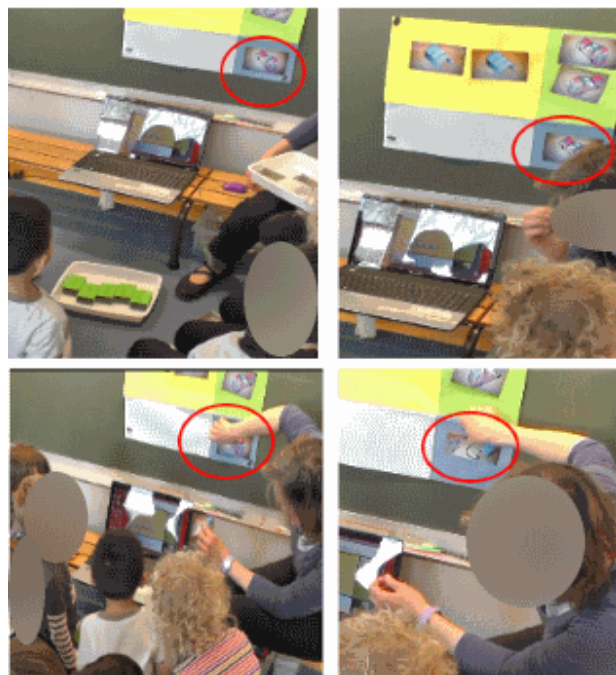
FIGURE 9

But de l'activité	Ressources	Règle d'action, manière de faire	Invariant opératoire
Concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte	le logiciel Voitures et garages sur un poste un système d'étiquettes inspiré de celui de Mia les boites fiche déroulement	-proposer une manipulation des boites avant de présenter le logiciel -manipuler conjointement le logiciel et le système d'étiquettes	Il faut rendre explicite le lien entre les deux supports pour favoriser l'appropriation du logiciel par les élèves Un rappel verbal un appel à la mémoire des élèves ne suffit pas pour rendre explicite le lien entre la situation vécue avec le matériel tangible et la situation qui va être vécue sur le logiciel Il faut appuyer ce rappel verbal par une manipulation in situ de matériel tangible

Tableau document « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte » - année 2

Tout d'abord, ce matériel présente des différences par rapport à celui de Mia : Carole a par exemple choisi d'ajouter des étiquettes « commandes » (Figure 10).

FIGURE 10



Système d'étiquettes de Carole

Dans la version du système d'étiquettes créé par Mia, il y a une douzaine d'étiquettes voitures et une douzaine d'étiquettes garages. Dans la version de Carole, il n'y a que deux étiquettes garages et deux étiquettes voitures. Lorsque Mia lui présente cette ressource, Carole estime qu'elle pourrait a priori être « *une bonne entrée en matière pour comprendre la structure la charte graphique du jeu et voir un peu comment ça s'articule et de façon plus rationnelle aussi* ». Nous repérons un phénomène d'instrumentalisation, Carole s'approprie le système d'étiquettes proposé par Mia et l'ajuste en fonction de ses objectifs. Nous inférons en fin d'année 1 l'amorce d'une genèse documentaire. En année 1, lors de la présentation du logiciel à ses élèves et des phases de travail sur celui-ci, Carole avait en effet procédé différemment : présentation du logiciel à un groupe de trois élèves, puis mise au travail de ces élèves sur le logiciel pendant qu'elle présentait à nouveau celui-ci à un groupe de trois autres élèves. Elle avait noté lors de l'entretien bilan que ce dispositif pouvait être complexe : il s'agit de gérer simultanément une présentation du logiciel à un petit groupe tandis que d'autres travaillent sur le logiciel en autonomie. Or, dans ses formats d'activités habituels, Carole a l'habitude dans un premier temps de présenter très précisément à son groupe classe complet les différents ateliers à réaliser. Dans un deuxième temps, elle a l'habitude de circuler ensuite auprès des élèves, apportant à chacun son aide ou validant un résultat. En année 2, Carole conçoit différemment la présentation du logiciel, ce qui lui permet de revenir à son format d'activité habituel. Pour cela, elle retravaille le système d'étiquettes et développe un nouveau document constitué de plusieurs ressources : le système d'étiquettes, les boîtes et le logiciel. Ce document est également constitué de connaissances professionnelles concernant la façon d'introduire un logiciel qui nous semblent avoir évolué entre les deux années. Nous revenons sur ces éléments dans ce qui suit.

Dans le cas d'une séance menée en année 1 à partir des ressources TDL, nous avons pu noter que Carole attachait beaucoup d'importance à la transmission d'une démarche pour naviguer dans un logiciel, à l'identification par les élèves des différentes commandes (voir la figure 9). Dans sa feuille bilan des séances menées en année 1, Carole soulignait d'ailleurs que la familiarisation des élèves avec cette démarche avait été facilitée par des « codes » communs, une démarche commune aux 2 logiciels (Annexe IV). Dans la séance 3, l'objectif de Carole semble de systématiser pour les élèves un certain nombre d'automatismes. Carole se questionne également sur la façon d'aider les élèves à appréhender une tâche dans un environnement logiciel. En année 1, nous avons pu observer que ce questionnement se traduisait notamment par la règle d'action suivante : effectuer un rappel verbal de la situation vécue en environnement tangible pendant la présentation du logiciel. En année 2, lors de l'entretien pré mise en œuvre, Carole estime qu'il est important de faire entrer les élèves dans la situation par le matériel puis de faire ensuite explicitement appel à cette expérience vécue auparavant (Annexe V). Cette connaissance semble donc stable d'une année sur l'autre. Cependant, le document développé en année 1 combine des ressources et des règles d'actions supplémentaires. Le questionnement de Carole sur la façon d'aider les élèves à appréhender la transposition entre les deux environnements se traduit ainsi par la manipulation conjointe des boîtes, du logiciel et d'un système d'étiquettes lors de l'introduction du logiciel VG. Nous repérons là un phénomène d'instrumentation. Carole semble avoir construit des connaissances sur la façon d'aider les élèves à appréhender une tâche dans un environnement logiciel. Lorsqu'il s'agit d'aider les élèves à appréhender un passage de la « *réalité* » à la « *fiction* », à « *transposer une situation qui était très physique matérielle* », un simple rappel verbal de la situation vécue en environnement tangible ne suffit pas, il faut que les élèves puissent manipuler *in situ* le matériel tangible lors de la présentation du logiciel. Carole

use dans cette phase 1 de différentes ressources, de différentes représentations². Cependant, nous notons que les aspects mathématiques tels que les critères de réussite de la tâche sont bien exposés dans la phase 1 de la séance, lors de la manipulation des boîtes, mais ne sont par la suite pas ré abordés dans la suite de cette phase 1, lorsque système d'étiquettes et logiciels sont introduits et manipulés conjointement. L'aspect maîtrise des fonctionnalités du logiciel semble, à ce stade de la séquence, prendre le pas sur la tâche mathématique, l'objectif d'apprentissage visé. À cet égard, les caractéristiques de la ressource conçue par Carole pour cette séance 3 sont d'une certaine façon « limitantes » : il n'y a que deux étiquettes « garage » et deux étiquettes « voiture ». Le système d'étiquettes constitue selon nous une représentation de la situation vécue avec les boites et de la situation à vivre sur le logiciel, il propose également une relation entre différentes représentations d'un phénomène réel. Cependant, le potentiel de représentation de cette ressource apparaît pour cette séance relativement limitée du point de vue mathématique. Nous avons constaté des évolutions de ce système d'étiquettes dans les séances suivantes. Ces évolutions illustrent le processus de conception continuée de ressources. Pour les séances suivantes, Carole modifie le système d'étiquettes en ajoutant une douzaine d'étiquettes voitures et garages. Elle se place dans la perspective de fournir un support pour donner à voir au collectif d'élèves les différentes procédures, les erreurs dans la démarche (Annexe VI). Ainsi, on perçoit que le système d'étiquettes ainsi modifié pourrait se situer au cœur d'une relation plus riche du point de vue mathématique entre les élèves et la tâche qu'ils doivent réaliser, mais aussi entre le professeur et le but général qu'il s'est fixé « concevoir et mettre en œuvre l'enseignement du nombre mémoire de la quantité ». Le système d'étiquettes modifié pourrait offrir un potentiel de représentation important pour la discussion des procédures des élèves par rapport à l'apprentissage visé.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article nous nous sommes concentrée sur l'analyse d'un document développé pour la classe de situations d'activité « concevoir et mettre en œuvre un moment d'introduction et de découverte ». Nous avons comparé ce document avec un autre document développé pour cette classe de situations et noté différentes évolutions. Nous avons relevé plusieurs éléments qui témoignent chez Carole de genèses combinant des processus d'instrumentalisation et d'instrumentation. En lien avec les questions posées dans cet article, nous avons pu inférer des connaissances professionnelles et des évolutions de celles-ci :

- *il faut rendre explicite le lien entre le logiciel et le matériel tangible pour favoriser l'appropriation du logiciel par les élèves*
- *un rappel verbal, un appel à la mémoire des élèves ne suffit pas pour rendre explicite le lien entre la situation vécue avec le matériel tangible et la situation qui va être vécue sur le logiciel. Il faut appuyer ce rappel par une manipulation in situ de matériel tangible*

² Le matériel tangible « boîtes » est une représentation de véritables jouets de type petites voitures dont pourraient disposer les élèves ; le logiciel est une représentation numérique de ces mêmes jouets. Le système d'étiquettes est quant à lui une représentation qui se situe à l'interface de la situation vécue avec le matériel tangible et de la situation à vivre avec le logiciel.

Ces connaissances sont très spécifiquement liées à un questionnement de Carole sur l'outil informatique. Au-delà du cas de ce professeur, ces connaissances nous semblent assez spécifiques de l'enseignement à l'école maternelle. La manipulation de matériel tangible pour favoriser les apprentissages numériques est en effet un élément mis en avant par l'institution dans les programmes (MEN, 2015) mais aussi par les professeurs que nous avons pu interroger dans le cadre d'une enquête quantitative menée auprès de 164 professeurs d'école maternelle (Besnier, 2015). Cette enquête montrait aussi que les professeurs se questionnaient sur la façon de lier logiciels et matériel tangible : à quel moment d'une situation introduire l'usage de logiciels et avec quels élèves ? Comment intégrer les logiciels dans un travail d'ensemble sur le nombre ? Dans cet article, nous avons montré une articulation possible entre matériel tangible et logiciel pour un moment particulier du cycle de leçon : celui de l'introduction et de la découverte. Du point de vue des perspectives à donner à ce travail, la question des articulations entre matériel tangible et logiciel pourrait être approfondie en analysant les documents développés pour d'autres classes de situations d'activité professionnelles. Nous pensons ici à la conduite de moments d'apprentissage et d'entraînement et à la prise en compte délicate de l'hétérogénéité des élèves, importante avec des élèves de cet âge.

Nous avons également montré que le professeur usait de différentes représentations. Nous avons questionné le potentiel de représentation offert par le système d'étiquettes pour une phase d'un moment de découverte et d'introduction, dans le cas d'un professeur. Nous avons également noté que ce système pouvait se situer au cœur d'une médiation pour donner à voir et à discuter les procédures des élèves. Du point de vue des perspectives à donner à ce travail, cet aspect nous paraît particulièrement intéressant, il s'agirait d'examiner dans d'autres phases du cycle de leçon, les moments de synthèse par exemple, le potentiel de représentation d'une telle ressource. Il s'agirait alors d'articuler l'approche documentaire avec des concepts permettant d'examiner le potentiel sémiotique d'un artefact, et comment un tel artefact peut se constituer en instrument de médiation sémiotique pour le professeur (Mariotti & Maracci, 2010).

RÉFÉRENCES

- Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (Dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 23-39). Rennes: Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Besnier, S., & Bueno-Ravel, L. (2014). Usage des technologies en mathématiques à l'école maternelle : le travail documentaire des enseignants. *Review of Science Mathematics and ICT Education*, 8(1), 63-80.
- Besnier, S. (2015). *Ressources et technologies : usages pour l'enseignement du nombre à l'école maternelle et développement professionnel. Résultats d'une enquête par questionnaires*. Poster présenté à la 18ème école d'été de didactique des mathématiques de l'ARDM, Brest, France.
- Gueudet, G., & Le Henaff, C. (2015). *Atelier de travaux croisés sur les données : étude de la préparation d'une séance d'anglais*. Séminaire REVEA, Valence.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Gueudet & L. Trouche (Dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 57-74). Rennes: Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Mariotti, M. A., & Maracci, M. (2010). *Les artefacts comme outils de médiation sémiotique : quel cadre pour les ressources de l'enseignant?* In G. Gueudet & L. Trouche (dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (p 91-107). Rennes : Presses Universitaires de Rennes et INRP.

MEN, (2015). Programme de l'école maternelle. Bulletin Officiel de l'éducation nationale, n°2 du 26 mars 2015. Retrieved from http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/37/8/ensel4759_arrete-annexe_prog_ecole_maternelle_403378.pdf.

Morales Ibarra, G. (2014). *L'enseignement et l'apprentissage de la représentation. Une étude de cas en maternelle : « le jeu des trésors »*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France

Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2005). *Instruments et systèmes d'instruments*. In P. Rabardel & P. Pastré (Dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectique activités développement* (pp. 211-229). Toulouse: Octarès.

Vergnaud, G. (1996). *Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation*. In R. Noirfalise & M.-J. Perrin Glorian (Dir.), *Actes de la VIIIème École d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermont-Ferrand: IREM de Clermont-Ferrand.

ANNEXES


Annexe I : Voitures et garages, tutoriel

VOITURES ET GARAGES Mode d'emploi

1- Ecran d'accueil et accès à l'espace de travail :

Une fois l'animation d'accueil terminée, cliquer sur la voiture qui « gigote » pour démarrer le jeu.


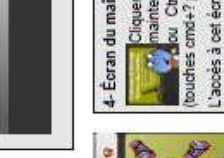

Le jeu démarre en mode « découverte » : Les voitures et les garages sont visibles en même temps sur l'écran.



2- Mode découverte : Déplacer les voitures dans la zone de rangement. Cliquer sur l'icône « voiture allant se garer » pour valider la réponse quand on estime avoir fini de placer toutes les voitures. (3)

Les garages réapparaissent pour permettre la validation. (4)

L'élève enregistre son résultat dans le tableau des scores.

3- Mode apprentissage :

Les garages apparaissent (1). Cliquer sur la voiture qui « gigote », les garages disparaissent.




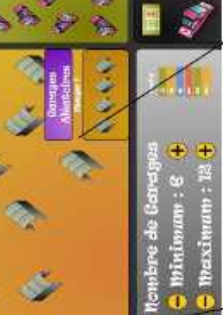
La réserve de voitures apparaît. (2)

Possibilité de revoir les garages grâce à l'icône « Gros yeux », avant de commencer à déplacer les voitures.

Déplacer les voitures dans la zone de rangement. Cliquer sur l'icône « voiture allant se garer » pour valider la réponse quand on estime avoir fini de placer toutes les voitures. (3)

Les garages réapparaissent pour permettre la validation. (4)


L'élève enregistre son résultat dans le tableau des scores.

4- Ecran du maître

Cliquer sur l'icône en maintenant les touches Ctrl + m ou Ctrl+Alt+m pour confirmer (touches cmd+? pour les mac).

L'accès à cet écran est possible en cours de partie.

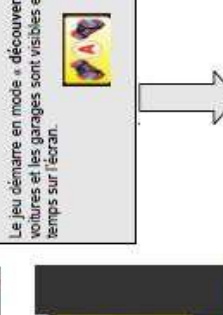


Revenir à la partie de jeu en choisissant le mode découverte ou le mode apprentissage.

L'élève peut choisir de travailler en binôme à droite permet de choisir le mode découverte avec l'auteur par l'icône du maître.

Choisir la disposition des garages :

- aléatoirement repartis sur l'écran
- disposés en ligne.




Faire varier le nombre de garages.

Nombre de Garages : 8


Minimum : 6

Maximum : 14



Voitures et Garages - Niveau du Maître

Choisir le Niveau du Maître



PROTOTYPE de Matéris de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n° 3873 / IFE

PROTOTYPE de Matéris de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n° 3873 / IFE

Annexe II : Train des lapins, tutoriel

LE TRAIN DES LAPINS Mode d'emploi

1- Écran d'accueil et accès à l'espace de travail :

Cliquer sur la locomotive qui « gigote », le train « disparaît ».

Cliquer sur la locomotive qui « gigote » pour lancer la partie. Celle-ci se lance directement en mode « découverte », le train « modèle » et le train « de travail » l'un en dessous de l'autre.

2- Mode découverte : Déplacer le lapin (cliquer-glisser) dans le bon wagon puis cliquer sur la locomotive qui « gigote » pour valider la réponse.

Une fois la réponse validée, le tableau des scores apparaît :

Cliquer sur l'icône « bonhomme vert » ou « bonhomme rouge » pour enregistrer le résultat dans le tableau des scores.

3- Mode apprentissage :

Un train « modèle » apparaît. Cliquer sur la locomotive qui « gigote », le train « modèle » disparaît.

Un train « de travail » vide arrive à l'écran. Possibilité de revoir le train « modèle » en cliquant sur l'icône « Gros yeux ».

Placer le lapin dans le bon wagon (cliquer-glisser). Puis valider la réponse en cliquant sur la locomotive qui « gigote ».

Le train « modèle » revient à l'écran pour permettre la validation.

L'élève enregistre son résultat dans le tableau des scores.

Pour continuer la partie, cliquer sur la locomotive qui « gigote ».

4- Écran du maître :

Cliquer sur l'icône en maintenant les touches Ctrl +m ou Ctrl+Alt+m pour confirmer (touches cmd+? pour les mac)

L'accès à cet écran est possible en cours de partie.

Augmenter ou diminuer le nombre de wagons

Faire varier le placement du ou des lapins dans le train (au centre, sur les côtés, aléatoire)

Choisir le mode découverte (les deux trains l'un en dessous de l'autre) ou le mode apprentissage (trains à distance) pour revenir à l'écran de l'élève.

Il existe sur l'écran de travail en bas à gauche permet de choisir le mode de jeu. Cliquez sur l'icône pour passer par l'écran de l'élève

5- Écran de l'élève :

Activer ou non la fonction « gros yeux » / revoir le train « modèle » sur l'écran de l'élève.

PROTOTYPE de Maillens de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°3875 / IFE

Annexe III : Fiche activité « papier crayon »

FICHES Papier pour s'entraîner à la situation

Vous trouverez ci-après, les fiches suivantes à photocopier :

- Fiche « recto » 16 wagons (à coller avec la fiche « verso » 16 wagons)
- Fiche « verso » 16 wagons
- Fiche « recto » 26 wagons (à coller avec la fiche « verso » 26 wagons)
- Fiche « verso » 26 wagons

Conseil : Ne pas imprimer directement en recto-verso pour ne pas inciter les élèves à regarder par transparence. Coller également le recto et le verso « tête-bêche » pour que les élèves ne soient pas tentés de repérer le bon wagon par transparence.

PROTOTYPE de Matérite de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°375 / IFE

PROTOTYPE de Matérite de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°375 / IFE

Prénom : _____ date : _____

Regarde le train qui a le même symbole sur l'autre côté de la feuille. Repère le wagon en noir. Colore le même wagon sur le train au recto.

PROTOTYPE de Matérite de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°375 / IFE

PROTOTYPE de Matérite de ressources mathématiques pour l'école - COPRELEM / CREAD EA n°375 / IFE

Annexe IV : Fiches de notes bilan année 1

- Garages et voitures (bilan)

→ Facilités → enfants familiarisés avec le code du langage ch.
 (voiture qui utilise le lapin pour valider)
 tableau de résumé à valider pour continuer.
 choix entre (A) appropriation
 et apprentissage -

→ Difficultés - non possibilité de ranger en ligne les
 garages pour faciliter le stage → (MS)
 au delà de 8 → nouvelle version possible.

pour charger cliquer et faire (MS + M)

- Non possibilité de ranger automatiquement les voitures en ligne qd on le met sur le plateau.
- Non possibilité de faire un rappel du nombre de garages (c'était le cas avec Train des Lapins) avant validation.

Annexe V : Extrait de l'entretien pré mise en œuvre année 2

Ca désigne Carole, C, le chercheur.

Dans cet entretien Carole fait référence aux séances précédentes lors desquelles elle a fait travailler ses élèves avec le matériel tangible, les boîtes.

Ca : qu'ils l'aient vécu [la manipulation des boites et une première expérience de la situation avec le matériel tangible] parce que tu vois sinon l'écran ça fait toujours un peu tour de passe-passe quoi, tu vois ce que je veux dire ?

C : oui

Ca : c'est trop mouvant, c'est instable et il faut qu'ils aient la démonstration que, ben non, je peux pas, donc cette situation-là, tac on va la revivre sur... donc on en veut autant que comme avec nos petites boites et du coup ce... voilà

C : tu feras un rappel aux petites boites ?

Ca : je pense ouais, ouais c'est le même nom hein, ce qu'on avait identifié comme étant des voitures et des garages, ben voilà on jouer au même jeu, mais cette fois ci ça va être sur l'ordinateur.

Annexe VI : Extrait de l'entretien bilan année 2

Ca : [...] là je me suis dit : « il faut que j'en ai plusieurs ». Parce que après, c'est refaire sur tableau la tâche qui font à l'ordinateur en mettant vraiment une situation sur le tableau, c'est à dire, tu fais sur le tableau ce qu'ils feraient sur l'ordinateur avec justement les erreurs dans la démarche, alors que là c'était plus sur l'outil, s'approprier l'ordinateur. Et après c'était vraiment sur se dire : « je fais la tâche et où est ce que je rencontre des difficultés dans la démarche, qu'est-ce que je n'ai pas bien fait, je n'ai pas bien compté ou... ». Voilà...

C : c'était pour discuter la démarche ?

Ca : voilà c'était pas discuter, comment on manipule l'ordi, c'était discuter notre démarche, ouais c'était ça mathématiquement c'était vraiment la tâche mathématique, c'est ce qui était prévu

Une étude actionnelle de la transposition didactique dans la formation des diététiciens. Comparaison de la France et du Maroc

MARIA HANNAOUI, JÉRÔME SANTINI, NICOLE BIAGIOLI

I3DL (EA 6308)
Université de Nice Sophia-Antipolis
France
maria.hannaoui@etu.unice.fr
jerome.santini@unice.fr
nicole.biagioli@unice.fr

RÉSUMÉ

Dans cette communication, nous travaillons le volet externe de la transposition didactique de la formation en diététique dans 2 pays : la France et le Maroc, afin d'étudier la continuité entre la pratique sociale de référence et les prescriptions des formations en diététique dans ces 2 pays. Pour ce faire, nous conduisons des entretiens avec quatre diététiciens reconnus (deux en France et deux au Maroc) et nous rassemblons les documents institutionnels des trois formations étudiées (BTS et DUT en France, Diplôme d'Etat au Maroc). En particulier, nous modélisons la pratique sociale de référence du diététicien sous la forme de jeux épistémiques. La comparaison de ces jeux épistémiques avec les savoirs prescrits dans les formations nous permet de caractériser l'articulation des prescriptions de formation avec la pratique sociale de référence.

MOTS-CLÉS

Comparatisme, diététique, jeu épistémique, pratiques sociales de référence, transposition didactique

ABSTRACT

This paper addresses the issue of the external aspects of the didactic transposition of dietetics in two countries, France and Morocco. Our aim is to evaluate the continuity between social practices of reference and dietitian training between these two countries. To achieve this, we conduct interviews with four recognized dietitians (two in France and two in Morocco) and we collect institutional documents of the three investigated dietician schools (BTS and DUT in France, and Diplôme d'Etat in Morocco). In particular, we model the social practices of reference as epistemic games. The comparison of these epistemic games with the prescriptions of the three investigated schools allows us to characterize the articulation between training requirements and the reference social practices.

KEYWORDS

Comparatism, dietitian school, epistemic games, social practice of reference, didactic transposition

INTRODUCTION

Un diététicien est un professionnel de santé dans le champ de la nutrition. La formation des diététiciens se déploie sur deux à trois années d'enseignement supérieur. En France, cette formation est dispensée soit dans des BTS, soit dans des DUT. Au Maroc, elle correspond à un Diplôme d'état (DE). Notre travail de thèse consiste à comparer ces formations afin de caractériser la manière dont elles articulent pratiques didactiques et pratiques professionnelles. Durant notre première année de thèse, nous avons commencé à analyser la pratique professionnelle de diététiciens experts et à étudier la transposition didactique qui en est faite dans les instituts de formation enquêtés.

ÉLÉMENTS THÉORIQUES

Notre étude s'inscrit dans une double perspective didactique : nous nous basons sur 1) la *didactique professionnelle* (Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006) afin d'analyser le travail en vue de la formation des compétences professionnelles, nous nous situons dans ce cadre théorique en incluant, dès les premières phases de la recherche, l'analyse de l'activité des praticiens dans l'analyse didactique, et sur 2) la *didactique des sciences* (Joshua & Dupin, 1999) parce que cette formation s'adosse à un corps de savoirs scientifiques. Cette double approche nous permet d'étudier les savoirs scientifiques en diététique à la fois pour eux-mêmes et dans leur actualisation dans la pratique du diététicien.

La formation des diététiciens mobilise plusieurs disciplines (cf. tableau 3). De ce fait, il nous a semblé nécessaire d'étudier les différentes configurations disciplinaires que peuvent mettre en œuvre les formations enquêtées, autrement dit, d'étudier ces formations dans leur dimension interdidactique (Biagioli & Torterat, 2012). Outre cette première comparaison, nous allons mener des comparaisons entre deux pays, les pratiques didactiques de trois instituts de formation, etc., ce qui nous conduit à adopter une approche comparatiste en didactique (Mercier, Schubauer-Leoni & Sensevy, 2002).

Pour ce travail, nous désignons par *grammaire générique* l'ensemble des règles qui donnent sens à une action et la rend pertinente. C'est donc la logique qui sous-tend l'action et en détermine le contexte ou arrière-plan. Quand aux *pratiques sociales de référence*, elles désignent les activités dépourvues d'intention didactique dans lesquels un certain objet de savoir fonctionne. Nous nous situons dans le cadre théorique de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011), afin d'étudier le volet externe de la transposition didactique (Chevallard, 1991), nous allons principalement utiliser la notion de *jeu épistémique* (Sensevy, 2011; Santini, 2013), notion référant aux activités humaines existant en dehors des situations didactiques scolaires, pour modéliser la pratique sociale de référence du diététicien. Un jeu épistémique est ainsi la modélisation d'une pratique culturelle avec des savoirs qui vise à rendre compte du sens de cette pratique grâce au vocabulaire associé au jeu (enjeu, règle, stratégie, etc.). Dans notre modélisation, un jeu épistémique se décrit à l'aide d'une grammaire générique de la pratique modélisée et d'un système de jeux épistémiques élémentaires qui rendent compte d'autant d'actions spécifiques dans cette pratique.

ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES

Nous avons mis en œuvre une méthodologie clinique/expérimentale du didactique ordinaire (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002) ; nous nous sommes situés « au chevet » des personnes interrogées : nous avons effectué une anamnèse puis nous avons suivi un questionnaire semi-directif (cf. Annexes 3 et 4); aussi ne sommes-nous pas restés les témoins passifs des récits de vies, i.e. nous avons à chaque fois formulé des hypothèses, que nous avons validées auprès de nos interlocuteurs.

Notre recueil de données se compose de références historiques concernant la diététique, de documents prescriptifs en usage dans les instituts de formation et de retranscriptions d'entretiens semi-directifs avec quatre diététiciens (cf. tableau 1) choisis pour leur expertise et leur représentativité (pays et secteur curatif/préventif).

Afin de caractériser les pratiques sociales de référence, nous avons fait le choix d'entretiens tout en étant conscients qu'une différence entre pratiques effectives et pratiques déclarées peut exister (Bourdieu, 1994). Nous avons opté pour ce choix pour deux raisons principales : 1) l'auteure principale de l'article étant elle-même diététicienne (diplômée du DE de Rabat), elle a pu rentrer dans les considérations techniques relatives au travail des diététiciens grâce aux entretiens, 2) nous avons adopté une posture d'objectivation participante (Bourdieu, 2003) car, étant donné notre connaissance du travail du diététicien, nous avons pu nous identifier aux schèmes et actions des personnes interrogées.

TABLEAU 1

Brève présentation des 4 diététiciens interrogés

	Nationalité	Formation	Lieu d'affectation	Rôle dominant	Années d'expérience
DF1	française	BTS	Mutuelle en France	Préventif : organiser des conférences et des tables rondes sur la nutrition	23 ans
DF2	française	DUT	CHU en France	Curatif : coordonner et superviser le travail de diététiciennes	24 ans
DM1	marocaine	DE	Ministère de Santé au Maroc	Préventif : élaborer des stratégies nationales de prévention ; Vérifier et participer à leur mise en pratique	13 ans
DM2	marocain	DE	CHU Maroc	Curatif : effectuer la prise en charge nutritionnelle des enfants	15 ans

ANALYSES

Analyse épistémique de la diététique

Hippocrate (vers 460 av. JC- 370 av. JC) est reconnu comme le premier à avoir pensé la diététique comme vecteur de santé et de bien être. Selon lui, le régime alimentaire doit répondre aux besoins de l'homme et réguler ses déséquilibres. Pour ce faire, la diététique hippocratique vise à connaître les propriétés diverses des aliments grâce à la théorie et à l'empirie. Nous problématisons l'enjeu de la diététique ici comme une *volonté de connaître les propriétés des aliments afin de promouvoir la santé et le bien être de l'Homme*.

La diététique arabe médiévale développe les théories grecques et asiatiques. Ainsi, le Canon d'Avicenne (980-1037) effectue une taxonomie de la médecine et cite la diététique comme étant une sous-branche servant à *prévenir* des maladies ou à les *guérir*. Nous problématisons l'enjeu de la diététique à ce stade comme une *tentative à la fois de préserver la santé et de guérir les malades grâce aux propriétés des aliments*.

Au Moyen-Age, les régimes diététiques préconisés entrent en concurrence avec les préférences alimentaires et les vertus qu'attribue le sens commun à certains aliments (Nicoud, 2006). La *prise en compte des habitudes des personnes* devient un enjeu fort de la diététique.

À la fin du 18^{ème} siècle et au cours du 19^{ème}, des scientifiques, comme Lavoisier (1743-1794), découvrent, grâce à la chimie, les aspects nutritifs et les rôles des aliments. La diététique est aussi marquée par l'introduction de la méthode expérimentale en médecine grâce aux travaux de Claude Bernard (1813-1878) ou d'Apollinaire Bouchardat (1806-1886), etc. Nous problématisons l'enjeu de la diététique à ce stade comme une *mise à contribution des différentes méthodologies et disciplines scientifiques afin d'élaborer et de promouvoir les thérapies diététiques*.

Nous modélisons la grammaire générique du jeu épistémique du diététicien comme consistant à *corriger (au sens de rééduquer ou de rééquilibrer) les habitudes alimentaires des individus afin de préserver leur santé, en adoptant une approche clinique et physiologique, à partir de recommandations quantitatives et qualitatives concernant le choix des aliments, la manière de les cuisiner et la programmation de leur ingestion*. Cette grammaire générique de l'action du diététicien rend compte de ses différentes situations d'exercice : en cabinet, en hôpital, dans des journées de prévention ou bien encore dans le cadre de l'alimentation servie en collectivité.

Analyse de pratiques sociales de référence

Afin de donner une idée des analyses menées à partir des entretiens, nous commentons et analysons deux extraits. Le premier est issu de l'entretien avec DF1 : *Si vous me dites mais +++ j'ai rien +++ pour +++ pour les légumes, je vous dis là prenez du surgelé + mais j'ai pas de congélateur, donc on va trouver d'autres solutions + on va donner des astuces de cuisine [...] on va dire +++ on peut manger des conserves +++ ou du frais, voila + y a plein d'astuces*.

Dans cet extrait, nous notons que, pour DF1, l'enjeu de son action n'est pas l'énoncé d'un conseil alimentaire mais le travail à mener avec le patient, afin que ce conseil puisse être intégré durablement dans les pratiques alimentaires. Autrement dit, DF1 considérera avoir réussi son action si elle amène le patient à mettre en œuvre un changement de comportement alimentaire. Nous modélisons le jeu épistémique élémentaire de DF1 comme suit : Adapter ses conseils diététiques en prenant en compte la disponibilité des aliments, les goûts, les habitudes des personnes ainsi que leur niveau socio-économique.

Le second exemple d'extrait est issu de l'entretien avec DM2 : *Un enfant de 3 ans est venu avec une déshydratation chronique [...] une fois l'enfant hospitalisé, on commence par évaluer son état nutritionnel. [...] on fait un rapport du poids sur la taille [...] si c'est un enfant de 3 ans qui pèse 8kg + alors qu'un enfant de 3 ans doit peser 14kg si sa taille vaut par exemple 75cm ou 80 cm [...] à force de travailler avec ces courbes + on finit par les apprendre + on traite généralement en 3 phases + la 1^{ère} phase c'est donner entre [...] 80 et 100kCal/kg/j + et on mesure par rapport au poids chronologique et non idéal + donc $80 \times 8\text{kg} = 640 \text{ kCal/j}$ + donc + je vais transformer les 640kCal en aliments à lui administrer + soit par liquido-gavage + soit du lait, etc.[...]*

Dans ce deuxième extrait, nous relevons que l'enjeu de l'action de DM2 est d'évaluer l'état nutritionnel de l'enfant afin de prescrire les apports nutritionnels lors de la prise en charge diététique et de les fractionner en fonction du quotient Poids/Taille chronologique mesuré et non idéal. Autrement dit, DM2 pensera avoir gagné s'il fait tendre le poids réel vers la zone de tolérance de la courbe de percentile. Nous modélisons le jeu épistémique de DM2 comme suit : *Initier la démarche diététique par l'évaluation de l'état nutritionnel et construire un raisonnement afin d'élaborer le régime qui va corriger graduellement la dénutrition et/ou la déshydratation.*

Le tableau 2 résume les résultats des analyses des quatre entretiens menés avec les diététiciens experts. L'annexe 2 montre la manière dont nous avons établi la continuité entre les prescriptions de formation et les deux jeux épistémiques énoncés dans cette partie.

Analyse des prescriptions de formation

Nous présentons les prescriptions de formation des 3 formations étudiées : Le Brevet de Technicien Supérieur diététique en France (noté BTS), le Diplôme Universitaire Technologique Génie Biologique, Option diététique en France (noté DUT) et le Diplôme d'état ; Section diététique au Maroc (noté DE) dans le tableau 3 (cf. annexe 1). Ce tableau montre que l'étude diététique s'articule sur 4 types de savoirs : des savoirs spécifiquement diététiques, des savoirs médicaux, des savoirs scientifiques et des savoirs autres.

Par ailleurs, si les trois formations peuvent à la fois conduire aux métiers préventifs (*e.g.* DF1 ou DM1) et curatifs (*e.g.* DF2 ou DM2), nous constatons qu'elles ont des tendances qui nous semblent marquées : 1) le BTS, du fait de la forte composante du module « restauration collective » et de l'absence de cours en physique et chimie, nous semble être orienté vers le champ gestion. 2) le DE, nous apparaît comme étant plus axé sur le champ curatif, du fait de sa composante thérapeutique élevée, à la fois durant les stages (dans les CHU) et à travers les cours enseignés. 3) le DUT présente une plus grande flexibilité pour l'orientation à suivre : préventive ou curative.

CONCLUSION ET IMPLICATIONS

Une comparaison des trois analyses menées dans cette communication fait apparaître que les formations étudiées se rapportent à la même pratique sociale de référence présentée sous forme de grammaire générique et sous forme de jeux (cf. Tableau 2 et Annexe 2) et visent à rendre les praticiens capables d'exercer conformément à la grammaire générique de la diététique telle que nous l'avons décrite. L'étude du tableau 2 montre que les thèmes d'enseignement couvrent les savoirs utiles pour agir dans les jeux épistémiques élémentaires du tableau 1. Toutefois, nous notons des différences dans les volumes horaires alloués à certains des thèmes d'enseignement (cf. tableau 3). Outre cette première différence quantitative, nous observons également des différences qualitatives dans la mise en œuvre des formations. Enfin, les premiers résultats de notre recherche en didactique mettent en exergue la continuité entre les pratiques sociales de référence et les prescriptions de formation et vont nous permettre de préparer l'étude *in situ* des formations en construisant les conditions de la comparaison des instituts étudiés. En effet, notre étude de l'action didactique va nous amener à réaliser un filmage de séances de formation. Le travail mené ici orientera nos premiers choix dans le recueil de données à venir, pour sélectionner des thèmes d'enseignement similaires, d'autres différents, en lien avec notre modélisation de la pratique sociale de référence. Dans cette perspective, nous retenons les thèmes de la restauration

collective, des régimes thérapeutiques, de l'enseignement préparatoire aux études du diététicien et de la communication. Il nous semble également important d'inclure des données concernant les stages dans notre dispositif méthodologique.

TABLEAU 2

Caractérisation de jeux épistémiques élémentaires dans la pratique du diététicien

Jeux épistémiques élémentaires	
DF1	<ul style="list-style-type: none"> - Transmettre un nombre modéré de conseils diététiques afin d'éviter de rebuter le public. - Adapter ses conseils diététiques en prenant en compte la disponibilité des aliments, les goûts, les habitudes des personnes ainsi que leur niveau socio-économique. - Insister sur sa propre implication dans son discours en évitant de l'imprégner de ses convictions morales. - Négocier les recommandations diététiques avec le public en fonction des cas.
DF2	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre une écoute active des patients au lieu de suivre strictement un modèle d'enquête alimentaire. - Mettre en place un régime nutritionnel adapté à l'anamnèse et à l'histoire alimentaire du patient. - Recenser les besoins nutritionnels des patients à l'aide des tables de compositions alimentaires. - Maîtriser les marqueurs biologiques, les besoins nutritionnels et les apports recommandés auxquels se référer pour l'élaboration de menus adaptés. - Veiller à la traçabilité écrite et orale pour assurer le suivi de la prise en charge diététique. - Organiser une réflexion conjointe avec les patients autour de leurs habitudes, de leur capacité à les changer, de leurs préoccupations, de leur culture, etc. - S'intéresser au mode de vie du patient pour créer une relation de confiance dans le cadre de la relation d'aide. - Présenter les choses sous l'angle de la balance bénéfice-risque pour argumenter et convaincre en matière d'éducation et de rééducation nutritionnelle.
DM1	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuer à la formation du personnel santé et à sa sensibilisation aux différentes recommandations nutritionnelles de l'OMS. - Participer à l'élaboration de stratégies nutritionnelles nationales. - Vérifier leur mise en pratique sur le terrain. - Effectuer des tournées préventives dans des lycées, dans des universités, dans des institutions étatiques ou par l'intermédiaire de stands en plein air.
DM2	<ul style="list-style-type: none"> - Initier la démarche diététique par la correction de la dénutrition et/ou la déshydratation, signes récurrents des pathologies qu'il prend en charge et prescrire les régimes suite à la détection de l'étiologie par la suite : soit des produits industriels adaptés soit des produits artisanaux préparés à la cuisine selon le niveau socio-économique des parents. - Construire son propre raisonnement de façon autonome afin de poser un diagnostic de la maladie et éviter l'application textuelle de ce qu'on lui demande de faire. - Se baser sur l'histoire alimentaire des enfants comme type d'enquête alimentaire en raison des pathologies chroniques souvent rencontrées. - Utiliser la courbe de percentile (Poids sur Taille en fonction de l'âge) afin de déterminer le poids idéal de l'enfant hospitalisé. - Travailler en collaboration avec toute l'équipe soignante. - Coordonner ses actions avec l'équipe de restauration. - Collaborer avec les mamans des enfants. - Effectuer des recherches ou suivre des formations une fois une nouvelle pathologie en lien avec la nutrition rencontrée.

RÉFÉRENCES

- Biagioli, N., & Torterat, F. (2012). La Recherche en interdidactique: apports méthodologiques et pratiques. In M.-L. Elalouf, A. Robert, A. Belhadjin & M.-F. Bishop (Éds), *Les didactiques en question(s)* (pp. 269-278). Bruxelles: De Boeck.
- Bourdieu, P. (1994). *Raisons pratiques sur la théorie de l'action*. Paris: Seuil.
- Bourdieu, P. (2003). L'objectivation participante. *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, 150(5), 43-58.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1999). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M., & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 5-16.
- Nicoud, M. (2006). Savoirs et pratiques diététiques au Moyen Âge. *Cahiers de Recherches Médiévales et Humanistes*, 13, 239-247.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 154, 145-198.
- Santini, J. (2013). Une étude du système de jeux de savoirs dans la théorie de l'action conjointe en didactique. *Education & Didactique*, 7(2), 69-94.
- Schubauer-Leoni, M.-L., & Leutenegger, F. (2002). Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire. In F. Leutenegger & M. Saada-Robert (Éds.), *Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation* (pp. 227-251). Bruxelles: De Boeck Université.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir*. Bruxelles: De Boeck.

ANNEXE 1

TABLEAU 3

Comparaison des prescriptions de formations des instituts de formation enquêtés

	BTS	DUT	DE
Thèmes d'ens. diététiques	Techniques culinaires Technologie alimentaire Assurance – qualité alimentaire		
	Nutrition et alimentation(+) Régimes thérapeutiques Restauration collective(+)	Nutrition et alimentation Régimes thérapeutiques Restauration collective	Nutrition et alimentation(+) Régimes thérapeutiques (++) Restauration collective
		Enseignement préparatoire aux études du diététicien (++)	Enseignement préparatoire aux études du diététicien
			Concept alimentaire Phytothérapie
Thèmes d'ens. médicaux	Pathologie de l'adulte et de l'enfant		
Thèmes d'ens. scientifiques	Biochimie/physiologie statistique Informatique		
		Physique(+) Chimie	Physique Chimie(+)
Thèmes d'ens. autres	Sciences économiques Sciences juridiques Projet tutoré Sciences sociales		
	Communication(+)	Communication (++)	Communication
	Langue		Le système national de santé Terminologie
VH cours	1600h	2100h	2366h
Stages	Restauration collective (+) Centres hospitaliers (+) Option	Restauration collective Centres hospitaliers Option(+)	Restauration collective (+) Centres hospitaliers (++) Visites documentaires
VH stages	700h	595h	1534h

Légende

Thèmes d'ens. : Abréviation pour « Thèmes d'enseignement ».

VH : Abréviation pour « Volume Horaire ».

Caractère gras : Élément d'enseignement à volume horaire le plus important par rapport aux autres formations

(+) : Volume horaire important

(++) : Volume horaire très important

ANNEXE 2

TABLEAU 4

Compétences-capacités associées aux 3 prescriptions de formations permettant de jouer au jeu épistémique élémentaire de DF1 décrit en page 5

	Compétences-capacités	Cours impliqués
BTS	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser les caractéristiques du sujet, de ses conditions de vie et de ses activités particulières Transmettre des informations adaptées à un public donné en utilisant les moyens didactiques appropriés - Choisir la ou les technique(s) de communications - Présenter tout ou une partie d'une information adaptée au public - S'exprimer correctement et utiliser un vocabulaire adapté à la situation 	<p>Nutrition et alimentation ; Sciences sociales ; Communication ; Langue ; Stages Biochimie ; Techniques culinaires ; Régime thérapeutiques</p>
DUT	<p>Avoir de l'aisance dans des situations diversifiées d'expression et de communication orale et écrite.</p> <p>Etre capable de mettre en place des programmes d'éducation nutritionnelle dans le but de prévenir les risques de santé publique liés à l'alimentation</p> <p>Connaître la composition en nutriments de chaque aliment ou groupe d'aliments ainsi que ses critères de qualité</p> <p>Connaître les tables de composition et étiquettes d'aliments</p> <p>Etre capable d'anticiper l'impact de l'absence ou du déficit d'un groupe d'aliments sur la santé humaine</p> <p>Produire un message simple écrit/oral dans un contexte relationnel pertinent.</p> <p>Echanger des questions et des réponses simples avec un interlocuteur.</p>	<p>Communication ; Langue ; Stages Sciences sociales</p> <p>Projet personnel et professionnel ; Stages</p> <p>Technologie alimentaire ; Stages : Nutrition et alimentation ; Stages Enseignement préparatoire aux études du diététicien ; Chimie ; Assurance – qualité alimentaire ; Sciences sociales ; Communication, Enseignement préparatoire aux études du diététicien ; Biochimie</p>
DE	<p>Planifier, organiser et animer une séance d'information / éducation / communication</p> <p>Organiser et animer des séances d'éducation nutritionnelle collective au profit d'un groupe de patients présentant la même pathologie</p> <p>Adopter une conduite appropriée face aux différentes réactions d'un malade</p> <p>Composer un régime alimentaire en tenant compte du goût, de l'environnement, du niveau socio-économique et de l'état physiologique d'une personne ou d'une collectivité</p> <p>Participer aux activités de supervision et de suivi des activités des programmes de nutrition – diététique</p> <p>- Informer et éduquer la population cible en matière de nutrition – diététique</p>	<p>Communication ; Enseignement préparatoire aux études du diététicien ; Concept alimentaire ;</p> <p>Sciences sociales</p> <p>Nutrition et alimentation ; Phytothérapie ; Chimie</p> <p>Le système national de santé</p>

Légende

Les cours en gras désignent ceux ayant un lien direct avec la compétence citée. Contrairement aux autres qui participent à l'acquisition de la compétence correspondante

TABLEAU 5

Compétences-capacités associées aux 3 prescriptions de formations permettant de jouer au jeu épistémique élémentaire de DM2 décrit en page 5

	Compétences-capacités	Cours impliqués
BTS	<ul style="list-style-type: none"> - Conduire et réaliser un bilan alimentaire - Interpréter les informations recueillis - Proposer une alimentation conforme à la prescription médicale - Connaître et utiliser les différentes catégories de produits destinés à une alimentation particulière - Présenter le régime adapté au cas proposé - Analyser les caractéristiques physiopathologiques du sujet et prendre en compte la prescription médicale pour l'élaboration du régime - Déterminer les apports nutritionnels et leur évolution éventuelle - Calculer la ration et son évolution éventuelle - Utiliser judicieusement les équivalents alimentaires 	<p>Nutrition et alimentation ; Régimes thérapeutiques ; Communication ; Langue ; Stages ; Sciences sociales ; Pathologie de l'adulte et de l'enfant ; Techniques culinaires</p>
DUT	<p>Savoir réaliser et adapter un menu de base pour un individu</p> <p>Connaître les principales causes et conséquences en rapport avec la nutrition</p> <p>Savoir adapter les menus en fonction des différents objectifs et priorités</p> <p>Connaître les particularités et les priorités de la nutrition d'un individu malade</p> <p>Connaître et maîtriser les différentes techniques permettant d'évaluer l'état de nutrition d'un individu</p> <p>Connaître les besoins alimentaires de base d'un individu</p> <p>Savoir adapter les rations alimentaires et les menus à un individu à partir de leurs besoins alimentaires de base</p> <p>Savoir présenter et interpréter les résultats</p>	<p>Technologie alimentaire ; Stages Assurance – qualité alimentaire ;</p> <p>Pathologie d l'adulte et de l'enfant ; Stages</p> <p>Régimes thérapeutiques ; Stages Enseignement préparatoire aux études du diététicien ;</p> <p>Nutrition et alimentation ; Stages Enseignement préparatoire aux études du diététicien ; Chimie ; Assurance – qualité alimentaire ; Sciences sociales ; Communication, Enseignement préparatoire aux études du diététicien ; Biochimie</p>
DE	<p>Définir les besoins nutritionnels et apports recommandés des différentes catégories d'individus</p> <p>Elaborer une ration alimentaire équilibrée adaptée aux besoins nutritionnels d'une personne ou d'une collectivité</p> <p>Utiliser judicieusement les équivalences alimentaires permettant de préserver l'équilibre alimentaire</p> <p>Décrire les caractéristiques générales du nouveau-né normal en mettant en évidence les indices de vitalités</p> <p>Présenter sous forme de tableau les besoins nutritionnels du nourrisson</p> <p>Peser un nourrisson et interpréter le résultat</p> <p>Mesurer et interpréter la taille chez un nourrisson et un jeune enfant</p>	<p>Nutrition et alimentation ; Régimes thérapeutiques Chimie ; Les aliments ; Sciences sociales ;</p>

Enumérer les indications et les principes de réalisation (d'application) des régimes Enumérer les indications de l'alimentation artificielle, Déterminer la valeur nutritive d'une alimentation artificielle au profit d'un patient conformément aux prescriptions et principes d'élaboration décrites, Etablir un tableau comparatif des paramètres anthropométriques et des symptômes cliniques relevés chez un patient par rapport aux normes, Assurer la réhabilitation nutritionnelle d'un enfant malade,	Pathologie de l'adulte et de l'enfant ; Régimes thérapeutiques
--	---

Légende

Les cours en gras désignent ceux ayant un lien direct avec la compétence citée. Contrairement aux autres qui participent à l'acquisition de la compétence correspondante

ANNEXE 3**Canevas d'entretien pour un diététicien expert dans le domaine curatif/préventif**

1. Quel est votre âge ?
 2. Etes-vous ?
 - Un Homme
 - Une Femme
 3. Quel est votre parcours académique jusqu'au jour d'aujourd'hui ?
 4. Pourquoi avez-vous choisi le métier de diététicien ?
 5. Quels sont les qualités qui vous paraissent nécessaires pour être un(e) bon(ne) diététicien(ne) ?
 6. Quels sont les points que vous appréciez le plus dans votre travail ?
 7. Et quels sont ceux que vous appréciez le moins ?
 8. Quelles sont les qualités humaines les plus importantes d'un(e) bon(ne) diététicien(ne) ?
 9. Quelles sont les qualités techniques/scientifiques les plus importantes d'un(e) bon(ne) diététicien(ne) ?
 10. Comment actualisez-vous le socle de vos connaissances en matière de diététique ? A quelle fréquence ?
 11. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :
 - Comment faites-vous pour retranscrire/projeter les théories nutritionnelles ou diététiques dans vos pratiques avec vos malades (par ex. pour le choix des compositions alimentaires, des médicaments prescrits, etc.) ?
 12. Pour un diététicien exerçant dans le domaine préventif :
 - Comment faites-vous pour retranscrire/projeter les théories nutritionnelles ou diététiques dans vos pratiques professionnelles (par ex. pour la conception des ateliers préventifs, le choix des thèmes abordés, etc.) ?
 12. Depuis quand pratiquez-vous le métier de diététicien(ne) ?
 13. Qu'est-ce qui vous semble important dans votre métier ?
 14. Quels sont les postes que vous ambitionnez d'occuper dans le futur ?
 15. Énoncez, par ordre d'importance, les connaissances et les savoirs qui doivent être maîtrisés pour être un(e) bon(ne) diététicien(ne) ?
 - * Connaissances en biologie
 - * Connaissances en sciences de la nutrition
 - * Maîtrise de l'aspect médical et clinique
 - * Compréhension de la psychologie du patient (ses attitudes, ses perceptions, ses représentations et son attitude vis-à-vis de l'alimentation)
- Prise en compte des facteurs sociaux (les comportements alimentaires transmis par la culture)
- Savoir 1 : ...
- Savoir 2 : ...
- Savoir 3 : ...

16. Énoncez, par ordre d'importance, les aspects qui doivent être maîtrisés pour être un(e) bon(ne) diététicien(ne) ?

L'aspect préventif

L'aspect curatif

L'aspect esthétique et plastique

Aspect 1 : ...

Aspect 2 : ...

Aspect 3 : ...

17. Comment doit s'effectuer selon vous une action professionnelle ?

De façon autonome

En collaboration avec différents acteurs (médecins, infirmiers, etc.)

18. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Quelle est la pathologie que vous traitez le plus fréquemment ? Pourriez-vous décrire ce qui vous semble essentiel pour bien la prendre en charge ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine préventif :

Quelle est le sujet que vous abordez le plus fréquemment ? Pourriez-vous décrire ce qui vous semble essentiel pour bien réussir votre mission ?

19. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Quelle est la pathologie que vous traitez le moins fréquemment et qui, malgré sa fréquence faible, vous semble importante ? Comment la prendriez-vous en charge ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine préventif :

Quel est le public auquel vous vous adressez le plus souvent ? Le moins souvent ?

20. Qu'est-ce qui vous semble important dans votre métier ?

21. Qu'est-ce qui a changé dans le métier de diététicien depuis 5 ans, 10 ans ?

22. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Quelle est la démarche à suivre face à un patient (femme enceinte, personne âgée, enfant, maladie métabolique, adolescent, en phase terminale, etc.) ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine préventif :

Quelle est la démarche à suivre pour réussir les missions que vous vous êtes assignées (ateliers de sensibilisation, émissions audiovisuelles) ?

23. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Comment réalisez-vous le suivi individualisé de vos patients ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine préventif :

Comment faites-vous pour déterminer votre programme préventif annuel ?

24. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Quelles sont vos techniques pour vérifier que vos patients suivent bien / respectent vos recommandations ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Quelles sont vos techniques pour connaître les pratiques nutritionnelles de votre auditoire ?

25. Quelles sont les recommandations les plus facilement suivies par vos patients ? Les plus difficilement acceptées par eux ?

26. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Pouvez-vous raconter un cas vécu de patient qui vous semblerait mériter d'être étudié en formation ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Pouvez-vous raconter un cas vécu d'une mission réussie ?

27. Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Racontez-moi une journée type dans votre service ?

Pour un diététicien exerçant dans le domaine curatif :

Racontez-moi une journée type ?

Liste des sponsors



AUF

Agence Universitaire de la francophonie



FMSH

Fondation Maison des Sciences de l'Homme



MGEN

Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale (Marseille, France)



Ville de Marseille
Ville de Marseille (France)



CD13
Département des Bouches-du-Rhône



ESPE
École Supérieure du Professorat et de l'Éducation (Aix-Marseille Université, France)



AMU
Aix-Marseille Université (France)



CREAD - EA 3875
Centre de recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique (Rennes, France)



Univ. Rennes2
Université Rennes 2 (France)



LDS

Laboratoire de recherche en Didactique des Sciences (Kouba, Algérie)



Laboratoire de Mécanique, Procédés et Processus Industriels (LM2PI)
École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, Université Mohamed V Souissi
(Rabat, Maroc)



ISEFC

Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue (Tunis, Tunisie)



UVT

Université Virtuelle de Tunis (Tunisie)



Université de Patras
Université de Patras (Grèce)



ADEF- EA 4671

Apprentissage, Didactique, Evaluation, Formation, (Marseille, France)



SFERE-P

Structure Fédérative d'Études et de Recherches en Éducation de Provence (Marseille, France)

Liste des auteurs

- Abouelala Mourad, 2–10, 277–284
Agostini Marie, 216–225
Alaya Zied, 39–46
Andreucci Colette, 340–350
- Ben Jemaa Ahmed, 166–174
Ben Kilani Chiraz, 11–18
Benseghir Abdelmadjid, 321–329
- Berthoud-Papandropoulou Ioanna, 226–232
Besnier Sylvaine, 369–386
Bettaieb Lamjed, 39–46
Biagioli Nicole, 387–400
- Boilevin Jean-Marie, 166–174, 246–254
Bonaccorsi Elena, 360–368
Boyer Antonin, 298–309
- Brandt-Pomares Pascale, 2–10, 216–225
- Castéra Jérémy, 330–339
Castéra Jérémy Nicole Mencacci, 158–165
Chachlioutaki Maria-Eleni, 79–89
Charrouf Yousra, 19–29
Chauvot Nadeige, 267–276
Clément Pierre, 330–339
Coupaud Magali, 216–225
- Delserieys Alice, 216–225, 310–320
Dimou Helene, 255–266
- Dzamayovo Mensan Azadzi, 330–339
- El Gharad Abdellah, 277–284
El-Hajjami Abdelkrim, 208–215
Elmechrafi Nadia, 47–58
Ergazaki Marida, 125–131
- Finato Barbara, 360–368
Fragkiadaki Glykeria, 90–104
- Gasparatou Renia, 125–131
Georgantopoulou Akrivi, 90–104
Ginestié Jacques, 233–245
Gioncada Anna, 360–368
- Givry Damien, 105–114, 298–309
Gomatos Leonidas, 255–266
Gueye Youssoupha, 115–124
- Héroid Jean-François, 59–68
Hannaoui Maria, 387–400
- Helene Cheneval-Armand, 197–207
- Impedovo Maria Antonietta, 197–207, 340–350
- Jameau Alain, 246–254
Jarray Ali, 233–245
Jegou Corinne, 216–225
- Kampeza Maria, 79–89
Khlifi Sabri, 11–18
Khodjet El Khil Ghazi, 39–46
Komis Vassilis, 351–359
- Laisney Patrice, 59–68
- Mahjoub Afifa, 143–157
Mazouze Brahim, 132–142
Mbarik Lobna, 30–38
Misirli Anastasia, 351–359
Mohamed Oubre, 277–284
Mouhouche Ali, 208–215
- Moutsios-Rentzos Andreas, 185–196
- Ndiaye Yakhoub, 59–68
- Oldache Mustapha, 69–78
Ouarzeddine Ammar, 321–329
Oubre Mohammed, 2–10
- Pantidos Panagiotis, 79–89, 105–114
Parissis Vassilios, 255–266
Pieraccioni Fabio, 360–368
Pournantzi Vasiliki, 185–196
- Ravanis Konstantinos, 90–104
- Saïd Fatma, 310–320
Saddouki Saida, 246–254
Saint Fleur Kettie, 158–165
Santini Jérôme, 387–400
Sefer Soraya, 310–320
- Shiakalli Maria Angela, 185–196
Sonia Mannai, 175–184
Sotiropoulos Leonidas, 226–232
- Tabbakh Rafik, 285–297
- Taha Janan Mourad, 2–10, 19–29, 277–284
- Zacharos Konstantinos, 185–196

