

## L'écrit et l'activité notationnelle à l'enseignement de la physique: questions actuelles pour la recherche et les pratiques des enseignants

Konstantinos Ravanis, Prof., University of Patras, Greece

ravanis@upatras.gr

### ABSTRACT:

Over the past three decades, it was found that, on the one hand, research in physics education is developing in several directions, including the study of the representations of the students, the construction of knowledge, the problem solving and, on the other hand, how the research results and the theories affect the teaching of physics and the teacher training. In this framework, the production of different manuscripts, which always support the teaching, sometimes becomes object of research. The project that is presented here refers to some aspects of the approaches of these manuscripts and examines in particular the problem of the relationship between the results of the research and the teaching practices. It is also commented the need for orientation of the analysis of the activity of writing in the teaching of physics. The focus of the paper is based on three points: 1) the processing of texts, graphs, charts etc, 2) the question of the approach of the writings of the teachers of physics, 3) the analysis of the writing activity of students.

**KEYWORDS:** teachers' education, preschool education, primary education.

### Introduction

Dans le cadre de la didactique des sciences physiques et expérimentales, nous avons pu constater les trois dernières décennies un développement, autant sur le plan qualitatif que quantitatif, des divers champs de la recherche. Il en va ainsi de l'étude des représentations, de la construction des connaissances, des modèles et des concepts, de la résolution des problèmes, de l'analyse des interactions entre élèves et enseignants (Ravanis, 2010). Il convient, d'ailleurs, de

souligner l'influence des résultats de la recherche en didactique et de la théorisation de l'éducation scientifique dans la production des livres scolaires, des curricula, du matériel pédagogique et la formation des enseignants. Cependant, bien que l'importance de l'exploitation des divers types de la production écrite à différents niveaux (textes, représentations graphiques, diagrammes, écrits des élèves et des enseignants) soit généralement admise et reconnue, les liens entre la recherche et les pratiques

pédagogiques dans l'enseignement de la physique demeurent ténus et les apports de la première parfois même sous évalués.

Nous nous efforçons ici de poser et de discuter quelques questions concernant la communication et l'interaction entre ces deux cadres de référence, recherche et pratiques pédagogiques par rapport aux rôles et aux fonctions de l'écrit et de l'activité notationnelle.

### **Les systèmes symboliques écrits dans l'enseignement et la didactique de la physique**

Les travaux visant à étudier la production des écrits et l'activité notationnelle n'occupent pas une place importante dans les préoccupations des didacticiens et/ou des enseignants de sciences expérimentales. Même si on a pu noter des efforts dans ce sens ces dernières années, il faut préciser que, d'une part, ces travaux ne tiennent pas une priorité dans les courants dominants de la recherche en didactique des sciences physiques et que, d'autre part, ils n'entretiennent pas de relations très étroites avec l'enseignement. Cependant, « le travail d'écriture ne correspond jamais à une simple transcription de ce qui a été pensé ou oralisé. Ce n'est pas non plus un simple travail de la langue et de mise en forme linguistique. C'est un instrument irremplaçable de l'élaboration d'un concept » (Fillon, 2001).

Ainsi, les systèmes symboliques écrits dans l'enseignement de la physique constituent-ils un important objet de travail dans le cadre des

pratiques scolaires quotidiennes, et cela à tous les niveaux de la scolarité. En effet, aussi bien durant les phases de préparation que celles du travail en classe, trois types d'écrits sont sans cesse produits :

a) les textes, représentations graphiques, diagrammes, illustrations dans les manuels scolaires, curriculums, instructions officielles, etc.,

b) la production écrite des enseignants de physique,

c) les résultats de l'activité notationnelle des élèves.

Dans l'approche de ces différentes formes de production écrite, divers cadres théoriques sont utilisés et divers points de vue sont choisis. Dans tous les cas, les résultats des différentes approches sont à même d'éclairer et d'influencer d'autres aspects des processus éducatifs. On peut distinguer dans ce champ quatre orientations de recherche et d'analyse des produits et du travail scolaire : l'écriture comme

- 1) support de l'enseignement,
- 2) présentation des connaissances à l'école et/ou à la recherche,
- 3) mode d'expression et d'investigation (Catel, 2001),
- 4) pratique sociale.

Parmi ces quatre perspectives de la recherche en didactique ou de l'enseignement de la physique, émergent des objets d'étude extrêmement complexes dont l'investigation exige qu'on fasse appel à des théories et des

résultats de recherche d'autres disciplines scientifiques, comme la linguistique, la psychologie ou la sociologie par exemple.

Nous allons donc essayer d'examiner les caractéristiques de base de ces approches en donnant des exemples et en commentant certaines questions concernant les relations entre recherche et applications dans l'enseignement. Cette approche construit un cadre de référence qui peut permettre aux enseignants d'identifier et de discuter les différents enjeux et problèmes posés par l'utilisation des écrits dans l'enseignement de la physique.

### *1) L'écrit comme support de l'enseignement*

Il s'agit ici de l'approche la plus ancienne dans l'étude des supports écrits dans l'enseignement de la physique et d'une certaine orientation de la recherche correspondante. Nous pouvons remarquer ici le caractère totalement empirique d'une approche qui se pose des questions telles que : « Quand utilise-t-on l'écrit dans l'enseignement ? », « Comment l'écrit complète-t-il les autres activités didactiques ? », « Comment concilier fonctionnalité et qualité des textes ? ». Le plus souvent, dans la production du matériel d'enseignement, ces questions revêtent la forme d'un souci indéfini et les réponses qui leur sont apportées usent de stéréotypes comme l'absolue conformité aux textes scientifiques ou l'expérience des auteurs. Il est évident que le flou épistémologique de tels arguments empêche qu'on les étudie de façon systématique.

Pourtant, plusieurs travaux de recherche essaient d'analyser ce matériel, en particulier dans les manuels scolaires. Dans une tentative de recensement et d'analyse des résultats de telles recherches (Sklaveniti, 2003), on a pu constater dans la bibliographie internationale des quinze dernières années, que la majeure partie d'entre elles se concentre sur le contenu des livres scolaires (table des matières, structure des chapitres, techniques de rédaction, méthodes d'enseignement proposées...). Un plus petit nombre de recherches examine des questions d'analyse langagière, d'évaluation et de compréhension des textes par les élèves et les enseignants, de relations entre le contenu des manuels et des questions sociales ou historiques.

Cependant, compte tenu du fait que l'orientation générale de l'élaboration du matériel scolaire par des techniques empiriques est aujourd'hui incompatible aussi bien avec la recherche en didactique de la physique qu'avec les courants théoriques contemporains concernant l'enseignement et l'apprentissage de la physique, les discussions relatives à cette direction de recherches sont désormais marginales.

### *2) La présentation des connaissances à l'école et/ou à la recherche*

Ce type d'activité écrite se rencontre aussi bien en classe de physique que dans certaines recherches.

a) Dans les cours de physique, elle est principalement en rapport avec le contrôle des connaissances et l'évaluation des élèves. Les

élèves sont ici invités à réaliser des travaux écrits obéissant à des critères précis : compte-rendu d'expériences, exercices, résumés, réponses à des questions, etc.

b) Dans la recherche en didactique de la physique, elle est liée à l'étude des connaissances et des représentations des élèves et des enseignants. D'ordinaire, du fait de la nature des pratiques pédagogiques auxquelles correspond cette activité notationnelle, ce qu'on recherche surtout dans les écrits des élèves ou des enseignants, est de savoir dans quelle mesure ils s'éloignent des connaissances scientifiques, leur degré de précision, l'usage qui y est fait des symboles et du formalisme et, parfois, leur capacité de communication.

Dans certains cas, l'importance particulière donnée à la production écrite est évidente puisqu'on requiert systématiquement plus d'un type d'écrit. Par exemple, dans une recherche visant à explorer les représentations de la notion de champ magnétique que se font de futurs instituteurs du primaire on leur propose, entre autres tâches, la situation suivante (Papamichael & Ravanis, 1993) : « Sur deux wagons A et B (figure 1), on place une plaque métallique F et un aimant A. Leur mouvement est empêché par un bâton P qui relie de façon stable les deux wagons. Si on enlève le bâton P, pouvez-vous prédire et dessiner, dans le cadre situé sous le schéma, la place exacte où les wagons vont se trouver ? Expliquez votre raisonnement avec le plus de détails possibles».

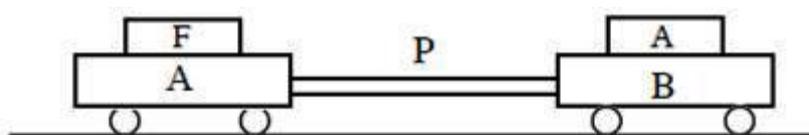


Figure 1. L'exposition écrite des connaissances : le dispositif

Les réponses caractéristiques nous montrent qu'au cours du processus de résolution du problème, les sujets utilisent d'ordinaire deux systèmes symboliques : le texte et le dessin (figure 2). La façon dont se combinent ces deux systèmes nous permet de mieux cerner les représentations dont ils font l'objet.

Cependant, dans cette direction de travail, les orientations de l'enseignement et celles de la recherche diffèrent. Si on essaie de

schématiser le fonctionnement des écrits expositifs dans l'enseignement de la physique, on peut dire qu'ils relèvent à la fois « du vrai et du faux » (Orange, Fourneau et Bourbigot, 2001) sur le plan épistémologique, ce qui fait qu'ils présentent un faible intérêt sur le plan éducatif. Au contraire, dans la recherche en didactique de la physique, les résultats permettent de cerner les difficultés et les obstacles à la pensée, ce qui conduit à améliorer les pratiques pédagogiques.

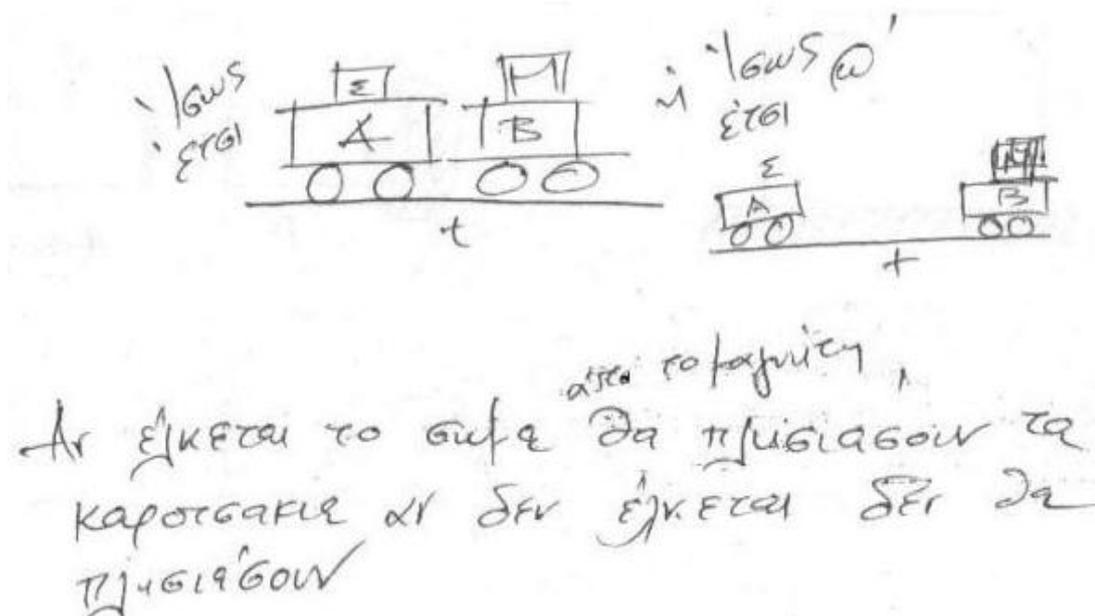


Figure 2. L'exposition écrite des connaissances : une réponse écrite

### 3) Les écrits d'expression et/ou d'investigation et la construction des connaissances

L'écriture d'expression est une pratique d'investigation qui permet à l'élève de se référer aux notions et aux phénomènes ainsi qu'à leurs relations. Elle lui permet d'exprimer sa pensée, processus qui contribue à la construction d'un savoir et à l'échange d'opinions dans le cadre des interactions sociales. Cependant, la multiplicité des points théoriques à partir desquels se situent les chercheurs, ainsi que les différents cadres dans lesquels l'activité notationnelle des élèves est dépistée, ne permettent pas de définir avec précision l'écriture d'expression. C'est ainsi que tout type de production écrite créative des élèves peut être intégrée à cette catégorie. De ce fait, nous pouvons trouver des données dans des recherches ayant des visées différentes. Partout est examiné le rôle de l'activité notationnelle, que ce soit dans le cadre de recherches ou d'enseignements dans

lesquels se développent des pratiques d'apprentissage des sciences physiques.

À titre d'exemple, concernant la résolution de problèmes, le traitement écrit des données facilite la compréhension dans la mesure où il permet l'évaluation des connaissances et des informations, des inter-relations entre ces dernières, le développement de stratégies, bref la réalisation complète de parcours mentaux (Gaskins & Guthrie, 1994 ; Vérin, 1995 ; Keys, 1999). Dans le cadre de la résolution des problèmes toujours, essayant d'amener les élèves à s'approprier les interactions entre les objets, Dumas Carré et Goffard (1997) proposent d'utiliser un diagramme « objets-interactions » qui « ...permet d'apprendre la notion d'interaction et, au-delà, de construire une représentation du dispositif décrit dans l'énoncé d'un problème, qui facilitera le choix d'un système et l'analyse des forces tant intérieures qu'extérieures au système » (op. cit. p. 23).

Considérons le dispositif où un bloc est accroché à une potence par un fil et repose (figure 3). L'utilisation du diagramme « objets-interactions » nécessite qu'on fasse figurer les objets explicites du dispositif mais aussi les objets implicites, comme la Terre, qui jouent

souvent un rôle très important en mécanique. Les objets indéformables (plafond, Terre, bloc) sont représentés par des rectangles, les objets déformables par des nuages et les interactions par des flèches spécialement codifiées (figure 4).

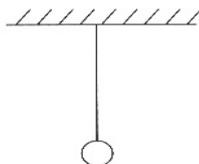


Figure 3. L'écrit d'expression et/ou d'investigation : le dispositif

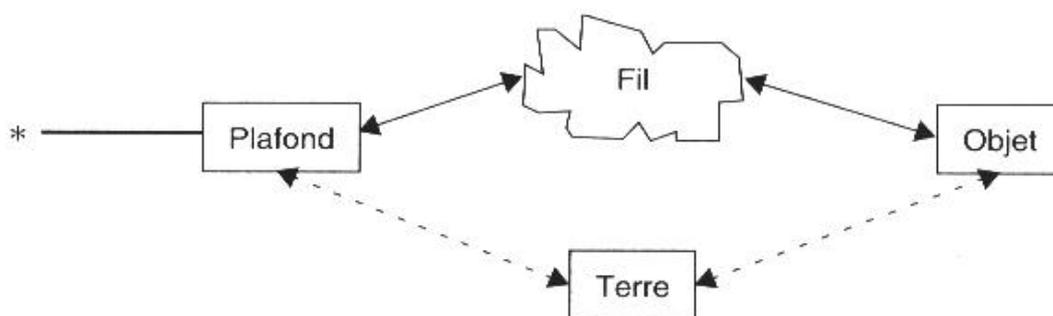


Figure 4. L'écrit d'expression et/ou d'investigation : diagramme « objets-interactions »

Concernant l'étude du travail des élèves, cette recherche montre que la réalisation d'un diagramme « objets-interactions » est efficace. Plus précisément, elle facilite leur réflexion à trois niveaux :

a) À partir d'une première représentation du dispositif énoncé dans le problème, le diagramme permet aux élèves de prendre en compte l'ensemble des données en jeu.

b) L'élève peut s'interroger sur le fonctionnement du dispositif en posant des questions du type : « Qui fait quoi ? », « Qui est en interaction avec quoi ? ».

c) Le diagramme facilite le choix du système et l'analyse des forces extérieures de ce système.

Un autre courant de recherche accorde une importance particulière à la production écrite et au traitement des représentations symboliques, est celui de l'étude des pratiques de modélisation car le passage d'un type de représentation à un autre est considéré comme une condition nécessaire à la construction des modèles. Ainsi, dans le but de conduire la pensée des enfants à la construction de notions dans le domaine de la mécanique, Lemeignan et Weil-Barais (1993)

consacrent une grande partie du processus didactique à l'accès à des symbolismes graphiques tels que diagrammes, représentations schématiques des objets par quelques courbes fermées, flèches, etc., et cela après s'être mis d'accord avec les élèves sur la signification de ces symboles. Comme l'observent Jimenez-Valladares et Perales-Palacios (2002), « ces représentations forment un espace symbolique autonome, où les signes et leurs relations doivent représenter un système notationnel ». Durant toute la durée des activités, les élèves sont invités à présenter graphiquement les situations qu'ils ont auparavant traitées avec des objets réels, ce qui les amène à articuler efficacement des systèmes symboliques à la fois linguistiques, graphiques et mathématiques.

Dans d'autres cas on entreprend d'établir des circonstances d'apprentissage où les élèves prennent des initiatives, sont invités à participer aux explorations et à confronter des arguments. Le noyau des pratiques d'apprentissage est donc ici la construction des connaissances et le rôle de la production écrite des enfants peut alors constituer la base sur laquelle s'appuie leur activité mentale. Cependant, alors que dans la recherche ces orientations dominent le plus souvent, des initiatives analogues dans l'enseignement sont peu nombreuses, ce qui fait que l'évaluation des écrits et de l'activité notationnelle des élèves en classe de physique est extrêmement limitée.

#### *4) L'écriture et l'activité notationnelle comme pratiques sociales*

Nous pouvons trouver une large palette d'approches théoriques et méthodologiques relevant de cette orientation. Au cœur de leurs préoccupations se trouve l'idée d'une spécificité de la recherche et de la connaissance scientifique par rapport à d'autres activités humaines, l'accent étant mis sur la production écrite qui lui correspond. Comme le souligne Vygotsky (1962) et Goody (1986; 1987) l'écrit n'est pas simplement un instrument qui permette une expression de la pensée mais un outil primordial d'élaboration et de construction des savoirs. Les caractéristiques des écrits scientifiques, comme par exemple l'argumentation ou l'emploi des métaphores, peuvent justifier des orientations diverses de la recherche sur la production écrite dans l'enseignement de la physique.

Dans une première direction d'analyse, le travail scientifique est considéré comme la pratique sociale de référence dans la production notationnelle des élèves en classe de physique (Martinand, 1986). Nous nous référons ici « ...à une pratique concernant l'ensemble d'un secteur social (celui de la production d'écrits par les chercheurs en sciences expérimentales) pour des activités didactiques n'impliquant pas l'identité mais la comparaison sur les points suivants : le fonctionnement de la communauté (laboratoire/cours de sciences expérimentales), les interactions sociales (décision du protocole expérimental et interprétation des inscriptions), les pratiques culturelles (présentations des résultats

expérimentaux, écriture dans les normes, applications)... » (Catel, 2001, p. 30).

C'est ainsi que Kelly et Chen (1999) ont essayé de travailler avec des élèves en petits groupes de manière à traiter avec eux l'idée que la science ne constitue pas un produit défini mais se crée au cours des processus dynamiques dans certaines conditions épistémologiques, sociologiques et expérimentales. Ils entreprirent donc de conduire les élèves dans une véritable recherche scientifique dans le cadre de laquelle ceux-ci développeraient leurs propres méthodes expérimentales, échangeraient des arguments, prendraient des notes, recueilleraient et enregistreraient des données. Les écrits produits par les élèves au cours du processus expérimental se distribuent sur quatre catégories :

- a) écrits relatifs aux activités réalisées en classe (carnets de laboratoire, notes, dossier),
- b) écriture créative (récit de science fiction),
- c) dessins thématiques réalisés en classe (poster, fiche technique),
- d) écrits relatifs aux leçons de physique.

L'analyse de ce matériau écrit, au niveau des constats et des justifications qu'ils donnent, amène à conclure qu'il existe un progrès, allant d'observations à faible contenu déductif à des raisonnements, ces derniers étant produits à partir de corrélations entre les paramètres des notions en question.

Ces circonstances d'apprentissage présentent un grand intérêt dans la mesure où

elles permettent d'enregistrer l'influence que peut exercer sur la réflexion des élèves le fait qu'ils soient impliqués dans des processus imitant ou simulant ceux des sciences. Bien que très éloignés des possibilités et des habitudes des pratiques scolaires en classe de physique, de tels efforts offrent des propositions alternatives efficaces permettant de renouveler nos pratiques pédagogiques et didactiques.

Un autre axe de recherche s'organise autour de l'analyse des manuels scolaires et du matériel pédagogique écrit. Dans cette approche, le contenu des textes est abordé comme le résultat d'une recontextualisation (Sklaveniti, 2003, pp. 43-74), soit par le biais d'une transposition didactique comme c'est le cas dans la bibliographie francophone, soit par le biais du processus de construction de la connaissance scolaire comme l'envisage la tradition anglo-saxonne. On adopte ici l'hypothèse que les sciences expérimentales et leur image recontextualisée dans les textes scolaires relèvent de deux constructions sociales différentes et que les manuels, en tant que textes pédagogiques, déterminent pour une grande part les relations entre élèves et professeurs (Dowling, 1998). À partir de l'analyse d'un grand nombre de travaux s'intéressant aux textes, on peut classer les recherches en quatre catégories qui font qu'elles se focalisent sur :

- a) la relation entre le contenu du savoir scolaire et celui du savoir scientifique,

b) le traitement du code langagier et le rôle de la médiation du langage dans la production de sens,

c) les relations pédagogiques que les textes favorisent ou induisent,

d) le rôle de la médiation du langage dans la constitution des textes pédagogiques et du cadre social de production du contenu.

Par ailleurs, on a pu repérer deux types de recherches relatives à l'analyse des images. La première catégorie rassemble les analyses concernant les images dans l'histoire de l'art et/ou la psychologie de la perception. Dans la deuxième catégorie, les images sont envisagées sous l'angle de la sociologie de la connaissance scientifique, sur la base de laquelle le matériel iconographique fonctionne et est interprété au travers de contrats et d'accords qui ont cours dans le cadre social défini et spécialisé des pratiques scientifiques.

Voici un exemple pris dans un courant de recherche qui analyse aussi bien la langue des textes que les images sur la base du cadre social de leur production et de leur référence. Pour pouvoir concevoir les différences entre les contenus scolaires et la connaissance scientifique sur le plan de la représentation de la science, les chercheurs ont construit un outil d'analyse des textes et des images des manuels scolaires (Koulaidis et Tsatsaroni, 1996; Hatzinikita, Koulaidis, Sklaveniti & Tsatsaroni, 1996; Sklaveniti, 2003).

À partir de la théorie du « discours pédagogique » du sociologue B. Bernstein (1990), ils ont défini la science scolaire en

utilisant les concepts de « classification » et de « codification ». La classification caractérise les textes et les images par rapport aux autres pratiques scolaires ou activités quotidiennes. C'est-à-dire que si la classification est « forte », la science scolaire dispose de frontières bien définies et n'appartient qu'aux sciences physiques. En revanche, si la classification est « faible », la science scolaire communique avec d'autres activités scolaires et/ou des activités quotidiennes. La codification se réfère au degré d'organisation du discours ou de l'image, dont dépend la production d'énoncés différents. En d'autres termes, une codification « forte » signifie l'usage de formes d'expression spécialisées et de représentations graphiques incluant des règles formalisées comme tableaux, courbes etc... Au contraire, une codification « faible » dénote l'usage de formes d'expression accessibles au public non spécialisé et d'illustrations proches de la vie quotidienne comme les photographies ou les dessins.

Le croisement des axes des valeurs de codification et de classification forme quatre champs distincts de référence qui nous permettent d'approcher les cadres que génèrent les textes de la science scolaire pour le développement des pratiques pédagogiques. Il s'agit des domaines suivants : intérieur, métaphorique, mythique et public (figure 5). C'est ainsi par exemple que lorsque la physique de l'école se base sur des textes relevant du domaine intérieur, le contenu et les modes d'expression des pratiques

pédagogiques conservent de forts liens avec la

physique en tant que science.

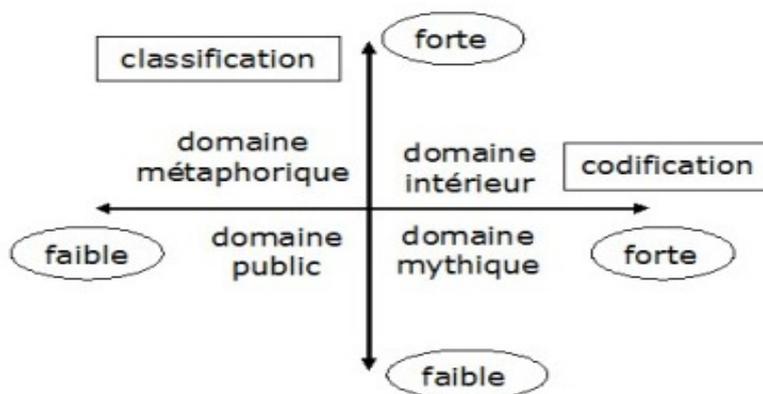


Figure 5. La science scolaire et les domaines des pratiques

De tels types d'approches présentent un intérêt particulier sur le plan de la recherche dans la mesure où, d'une part, elles nous fournissent un schéma d'analyse des textes de tous ordres contenus dans les livres scolaires et où, d'autre part, elles nous permettent de déterminer par avance les axes généraux de la rédaction d'un manuel pouvant tendre à la réalisation d'objectifs éducatifs définis.

### Discussion

Au terme de ce compte-rendu des divers angles d'approche de la production écrite dans la recherche en didactique de la physique et dans l'enseignement de la physique, il apparaît que cette question est un objet d'étude au sein d'un plus large éventail de cadres théoriques et méthodologiques. Cela génère inévitablement une complexité qui, certes, empêche un classement harmonieux et, pourtant, efficace des efforts entrepris dans ce sens, mais elle permet aussi d'en éclairer la thématique tant par différentes approches méthodologiques que par d'autres disciplines. Si nous faisons l'hypothèse que le classement

que nous avons adopté ici nous autorise une lecture systématique du matériel concernant cette question, il vaut la peine de nous arrêter sur certains points.

Tout d'abord, un problème important qui apparaît pour l'enseignant est celui de la distinction entre les simples approches empiriques de la question de l'évaluation de l'activité notationnelle et des approches qui se développent sur la base de la recherche. Le problème de l'approche empirique de certains paramètres des pratiques d'enseignement, ce qui bien sûr n'est ni nouveau ni inconnu en didactique, apparaît dans le cadre de l'enseignement de la physique dans les cas où l'écrit est utilisé comme aide didactique ou comme mode d'exposition des connaissances, principalement avec les textes des livres et les écrits des élèves correspondants. Cette approche est incorrecte sur le plan épistémologique et ne se prête à aucune possibilité nouvelle d'amélioration systématique des pratiques pédagogiques. Au contraire, l'analyse des textes d'exposition des

connaissances en recherche en didactique de la physique apporte depuis plusieurs années des résultats tout à fait intéressants. D'un point de vue épistémologique, il s'agit d'un type complètement différent de production écrite auquel on doit, dans une large mesure, un renouvellement radical des problématiques dans l'enseignement de la physique.

Les écrits des enfants produits dans le cadre des situations didactiques axées sur la construction des connaissances présentent un intérêt particulier. Cependant, dans ces situations non plus, l'exploitation de la production écrite n'est pas toujours satisfaisante, car souvent l'usage de l'écrit ne fait que sous-tendre les autres activités. Les écrits ne sont alors pas suffisamment analysés puisqu'ils ne sont pas considérés comme des objets de recherche autonomes ou comme des objets d'étude pour les enseignants mais plutôt comme simples instruments du travail. Alors, on pourrait constater ici que l'absence de formation des enseignants qui abordent des écrits et des activités notationnelles à l'école se trouve aujourd'hui en contradiction avec le développement des études entreprises sur les conceptions des élèves et leurs mécanismes d'appropriation du savoir. Il serait peut-être intéressant de concentrer nos efforts de recherche et de formation dans cette direction.

Dans les cas où l'activité notationnelle est envisagée comme une pratique sociale, la recherche se développe dans deux directions. Dans la première, les écrits sont exploités pour élargir les cadres de référence des enfants et pour faciliter la communication dans des

circonstances d'interactions sociales et didactiques. Dans la seconde, les textes et les images des manuels scolaires font l'objet de l'analyse, à la fois comme un matériau recontextualisé dans des cadres sociaux précis, et en ce qu'il influence de façon décisive les pratiques pédagogiques. Malgré leur indiscutable importance, ces deux courants se trouvent aujourd'hui assez loin des pratiques quotidiennes de l'enseignement.

Enfin, nous devons attirer l'attention sur le fait que la production écrite des enseignants est extrêmement peu étudiée alors qu'ils manipulent différents systèmes symboliques écrits au cours de l'enseignement. Cette question est particulièrement importante puisque les enseignants exercent à l'évidence une grande influence sur la formation des pratiques des élèves. Aussi tous les usages du discours écrit par les enseignants doivent-ils être étudiés tant comme production autonome que comme mode de développement des pratiques didactiques.

Le champ d'étude des différentes formes de l'activité notationnelle présente de nombreuses dimensions et la recherche la concernant n'a pas encore trouvé une place importante dans le cadre de la didactique de la physique et plus généralement dans la didactique des sciences expérimentales. Cependant, ces dernières années, grâce à la puissante influence d'autres sciences, l'horizon s'est ouvert et les perspectives, tant de la recherche que des applications en classe, semblent vigoureuses.

**Bibliography:**

- Bernstein, B. (1990). *Class, codes and control: the structuring of pedagogic discourse*. London: Routledge.
- Catel, L. (2001). « Écrire pour apprendre ? Écrire pour comprendre ? État de la question ». *Aster*, 33, 17-47.
- Dowling, P. (1993). *A language for the sociological description of pedagogic texts with particular reference to the secondary school mathematics scheme*. Doctoral thesis, London: University of London.
- Dumas Carré, A., & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris : Armand Colin.
- Fillon, P. (2001). 'Les productions d'écrits et la gestion de l'hétérogénéité des élèves au Collège '. *Skholê*, Hors Série, 39-52.
- Gaskins, I., & Guthrie, J. (1994). Integrating instruction of science, reading and writing: goals, teacher development and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(9), 1039-1056.
- Goody, J. (1986). *The logic of writing and the organization of society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Goody, J. (1987). *The interface between the written and the oral*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hatzinikita, V., Koulaidis, V., Sklaveniti, S., & Tsatsaroni, A. (1996). Approfondir la science et "lire" les manuels scolaires scientifiques. In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (éds), *Actes de XVIIIes Journées Internationales sur la Communication, l'Éducation et la Culture Scientifiques et Industrielles* (429-434), Paris.
- Jimenez-Valladares, J. D., & Perales-Palacios, F. J. (2002). Modélisation et représentation graphique de concepts. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 841, 397-417.
- Kelly, G., & Chen, C. (1999). The sound of music: constructing science as socio-cultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 883-915.
- Keys, C. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres: connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Education*, 83(2), 116-130.

---

Koulaidis, V., & Tsatsaroni, A. (1996). A pedagogical analysis of science textbooks: how can we proceed? *Research in Science Education*, 26(1), 55-71.

Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris: Hachette.

Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne: Peter Lang.

Orange, C., Fourneau, J.-C., & Bourbigot, J.-P. (2001). Écrits de travail, débats scientifiques et problématisation à l'école élémentaire. *Aster*, 33, 111-133.

Papamichaël, Y., & Ravanis, K. (1993). La compréhension de la notion du champ magnétique par les enseignants en formation de l'école primaire. *Revue de Recherches en Éducation: Spirale*, 10/11, 249-262.

Ravanis, K. (2010). Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle : concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5(2), 1-11.

Sklaveniti, S. (2003). *Un cadre pour l'analyse des manuels scolaires en sciences physiques*. Thèse de doctorat, Patras: Université de Patras.

Vérin, A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences. *Repères*, 12, 21-36.

Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.