

Y. PAPAMICHAEL
K. RAVANIS

LA COMPRÉHENSION DE LA NOTION DU CHAMP MAGNÉTIQUE PAR LES ENSEIGNANTS EN FORMATION DE L'ÉCOLE PRIMAIRE¹

Résumé : L'intégration institutionnelle de la formation des instituteurs grecs à l'Université n'a pas suffi pour dépasser les modèles de formation anciens, centrés sur les savoir-faire pédagogiques. Ainsi les enseignants, en majorité d'origine sociale modeste et d'un niveau culturel faible, démunis des savoirs spécifiques qui leur permettraient de maîtriser les questions en jeu dans les activités pédagogiques prévues par le programme officiel, se trouvent dans l'impossibilité d'assumer les devoirs d'éducation cognitive qui incombent à l'école maternelle. Cette recherche vise à vérifier cette hypothèse par rapport à des dispositifs didactiques qui font directement appel à l'élaboration de la notion du champ magnétique.

Ceux qui connaissent le fonctionnement de l'école maternelle, savent que les enfants, quand l'occasion se présente (c'est-à-dire pendant certaines activités centrées sur la découverte ou l'éveil technologique), s'interrogent souvent — et ils posent des questions — sur certains phénomènes physiques, tels l'électricité, l'équilibre, la vitesse ou le magnétisme. Mais si les enfants se montrent très intéressés par cet ordre des choses, nous observons fréquemment, de la part des enseignants, des attitudes extrêmement « spontanéistes », caractérisées à notre avis, par l'absence de toute véritable visée éducative : si certains parmi eux, organisent les activités en proposant des buts aux enfants, ils ne suscitent que rarement leur curiosité par des propositions visant les mises en relation entre les éléments. Ainsi, les dispositifs sont souvent proposés aux élèves pour qu'ils puissent eux-mêmes découvrir spontanément, au cours de leurs manipulations, quelques phénomènes d'ordre physique.

Cependant, nous savons que la seule activité de l'enfant, même dans un travail de groupe, ne suffit pas pour faire vraiment progresser ses connaissances. La construction du savoir exige de la part du maître des interventions qui vont souvent à l'encontre de ce que pense l'élève, tant au niveau du traitement des informations, qu'au niveau de ses idées préconçues. Ainsi, une élaboration conceptuelle, même limitée à un niveau phénoménologique, est peut-être nécessaire si nous voulons

¹ Une première version de ce texte a fait l'objet d'une communication à la Biennale sur l'Éducation, Paris, avril 1992.

rendre à l'observation et à l'expérimentation leur caractère dynamique en tant que processus actifs d'exploitation. Nous pensons donc qu'à travers des situations éducatives qui permettent aux élèves d'interagir et de découvrir certaines analogies entre leurs connaissances initiales et les schèmes ou les concepts plus généraux, nous pouvons conduire les jeunes enfants vers une démarche plus scientifique, centrée surtout sur la perception des relations entre les éléments constitutifs d'ordre physique, même si ces mises en relation restent à un niveau descriptif.

**LE MODÈLE DE L'« ACTION À DISTANCE »
DANS LE TRAVAIL PÉDAGOGIQUE DES ENSEIGNANTS
AVEC L'AIMANT À L'ÉCOLE MATERNELLE**

Pour la plupart des enseignants qui ont suivi la formation habituelle, le travail en classe avec les aimants conduit à une pédagogie autoritaire, visant la découverte par l'enfant des propriétés et de l'usage habituel de ce matériel. Cela veut dire qu'avec ce matériel très structuré, ils imposent aux enfants un « bon usage » qui va, soi-disant, leur permettre de comprendre les propriétés de l'aimant. Du coup, les élèves cessent d'explorer l'objet pour demander à la maîtresse : « où faut-il le mettre ? », « comment doit-on le tenir ? », « c'est quelque chose pour ramasser les aiguilles qui sont tombées par terre ? ». L'aimant, en outre, devient un objet magique, qui permet l'action à distance. Dans cette perspective strictement phénoménologique, il n'est pas étonnant de constater une perte d'intérêt rapide pour cette activité chez les jeunes enfants.

Cependant, la plupart de ces enseignants sont jeunes. Ils ont suivi une formation initiale du type universitaire (bac + 4). Ils savent que les psychologues accordent une grande importance au développement des notions qualitatives de base, qui constituent « la substructure de tout enseignement scientifique élémentaire ». Ils ont appris que « toute vérité à acquérir doit être reconstruite par l'enfant » et que l'enseignant doit organiser des contre-exemples pour forcer l'élève à la réflexion ou l'obliger à contrôler ses conclusions hâtives. Seulement, dans la pratique, lorsqu'on travaille avec les aimants dans une école maternelle, toutes les théories apprises par les enseignants en formation initiale s'évanouissent : il s'agit bien d'une inadéquation des modèles de formation. Mieux former les maîtres exige alors la prise en compte des possibilités réelles des enseignants à concevoir et à réaliser dans la pratique les consignes épistémologiques ou psychologiques apprises : pour effectuer cette transposition, il ne suffit même pas d'avoir reçu, au cours de la formation initiale, quelques cours en didactique de physique : il est bien connu que cette forme d'enseignement reste souvent très schématique, en tenant très peu compte de la complexité des actions sur le terrain. À notre avis, l'incroyable lacune de la formation initiale des enseignants est d'avoir négligé systématiquement la formation des étudiants à la recherche et à l'expérimentation psychopédagogique. Or, la transposition de la théorie à une pratique est un processus qui a beaucoup de points communs avec l'élaboration des hypothèses précises et réfutables, portant par exemple sur les

LA COMPRÉHENSION DE LA NOTION CHAMP MAGNÉTIQUE

effets de la signification des énoncés des problèmes posés aux élèves ou sur les effets du contexte dans lequel le problème est posé.

Or, l'idée qui prédomine dans l'enseignement de la « physique » au niveau préscolaire est telle que l'enseignant se situe hors de toute évaluation : les exercices d'observation consistent à un « laisser-faire » avec le matériel pas ou peu structuré et à un apprentissage d'utilisation appropriée du matériel structuré. Si l'enseignement de la physique à l'école élémentaire ou au lycée est perverti par le fait que la partie théorique des enseignements se substitue — ou est juxtaposée — à la partie expérimentale, dans l'école maternelle, l'expérimentation (et du même coup, la partie empirique de l'apprentissage) devient synonyme du « spontané », l'enseignant étant lui-même un animateur extérieur au processus de la construction des connaissances. Ainsi, peu de stimulations sont fournies par ces enseignants, peu de questions qui portent sur la compréhension de la relativité des observables, presque pas de schématisations par des dessins pour obliger l'élève à expliciter ce qu'il pense. Or, pour Piaget, à qui se réfèrent pourtant les programmes officiels, « les exercices d'observation pourraient être fort utiles en choisissant les observables à décrire parmi les domaines de causalité les plus quotidiens... la réalité fondamentale n'étant pas le phénomène ou l'observable, mais la structure sous-jacente, reconstituée par déduction, et qui rend compte des données observées » (1972, p. 29).

Il est toutefois évident que ces interventions didactiques exigent de l'enseignant une maîtrise solide des conceptions et des problèmes en jeu. Que savent-ils du phénomène magnétique ? Quel est l'impact, dans leurs représentations spontanées, du modèle de l'« action à distance » ?

Il est clair à notre avis qu'à ce niveau existe une confusion entre deux modèles d'action pédagogiques, eux-mêmes issus de deux projets éducatifs mal articulés entre eux : l'action à distance traduit en effet un point de vue « instrumental ». Elle décrit l'action d'un outil, l'aimant, sur certains matériaux et se soucie peu de notions et des concepts qui permettent de comprendre le fonctionnement de cet outil. Pour le dire autrement, nous avons déjà, dans la formation donnée par l'école préélémentaire, une dissociation entre un projet pédagogique centré sur l'apprentissage de la culture technique et un autre projet de nature scientifique, centré sur la description des phénomènes de nature physique. Dans ce sens, la familiarisation pratique avec les objets, les outils, les procédés, conduit à une confusion de la fonction instrumentale avec la fonction technique de ces outils et elle n'est pas définie sur le plan de la connaissance scientifique. Toute élaboration conceptuelle constitue *un complément* à la familiarisation pratique qui viendra plus tard, probablement seulement au lycée.

Cependant, nous savons que le résultat d'une expérience ou d'une observation faite par l'enfant, n'est qu'un énoncé singulier. Faut-il rappeler la phrase de Popper, selon laquelle « la croyance en la logique inductive est due à une confusion des problèmes psychologiques avec les problèmes épistémologiques » (1973, p. 26) ?

Comment ne pas avoir de problèmes dans l'apprentissage de certaines notions scientifiques relatives aux phénomènes électromagnétiques au lycée ? Alors que nous avons planifié dans le temps un enseignement qui part de certaines situa-

tions prototypiques de l'usage de l'aimant pour aboutir à l'explication à travers l'accumulation des traits descriptifs du phénomène magnétique ? Comment voudrait-on éviter les difficultés des élèves lorsque l'explication scientifique vise en fait un « hyperréalisme phénoméniste » comme le signale Chevallard ? Lorsque le mode de l'explication choisie, le lien causal, demeure souvent tautologique ? (par exemple : « l'aimant est un objet magnétique. L'objet magnétique est celui qui a des propriétés magnétiques, c'est-à-dire, attire le fer »).

Ce discours tautologique qui tient lieu de causalité phénoméniste et technique n'est certainement pas étranger d'ailleurs à la sous-évaluation systématique de l'école maternelle dans le monde de l'éducation. Rappelons la remarque de Chevallard : « les parents d'abord, peuvent croire que l'instituteur ne fait plus, au fond, que ce qu'ils auraient pu faire tout aussi bien eux-mêmes s'ils en avaient eu le temps » (p. 28). Pour le dire autrement, cette conception plutôt spontanéiste de l'apprentissage à l'école maternelle traduit souvent une sous-qualification scientifique des enseignants. Cette idée d'une connaissance individualisée qui rime si souvent avec l'éducation préscolaire, sert à justifier l'existence, dans les maternelles, d'une pédagogie sans objet de savoir spécifique. Selon cette hypothèse, les différentes approches des procédés ou des objets techniques et le découpage dans le temps, d'une lecture fonctionnelle et précoce de l'objet, de sa lecture structurale et plus tardive, ne trouve nullement sa justification dans la psychologie de l'apprentissage, mais plutôt dans la formation manquée des enseignants. Pour nous convaincre, il suffit de considérer cette question, toujours possible, d'un enfant : « pourquoi l'aimant ne marche pas avec mon crayon ? ». Il est évident que l'enseignant est aujourd'hui désarmé devant une telle question qui recherche le principe qui gère les utilisations d'un outil connu empiriquement ; autrement dit, l'enseignant n'est pas un expert.

En pensant donc, que la connaissance des enseignants sur les propriétés invariantes qui constituent les grandeurs fondamentales du concept du champ magnétique, a une importance particulière dans le travail didactique entrepris dans le contexte préscolaire avec les aimants, nous avons mis en place une recherche sur l'état de connaissance à ce sujet des enseignantes en formation.

ÉTUDE DE LA REPRÉSENTATION DE L'ACTION DE L'AIMANT PAR LES PROFESSEURS DES ÉCOLES MATERNELLES EN FORMATION INITIALE

Pendant cette première étape de la recherche nous avons entrepris l'étude des formes de représentations symboliques associées à l'utilisation du concept du champ magnétique par les étudiantes, ainsi que des représentations des situations ou des problèmes qu'implique l'utilisation de ce concept. Un test de connaissance est alors proposé aux enseignantes en formation, comportant des situations de résolution de problème et des questions portant sur des connaissances déclaratives des sujets (Weil-Barrais et Lemeignan, 1990).

LA COMPRÉHENSION DE LA NOTION CHAMP MAGNÉTIQUE

A cette fin, nous avons fait appel à trois situations problématiques sous forme de questionnaire associant des représentations symboliques qui décrivent d'une façon schématique des différents états du système magnétique, donc des variations possibles de ces états et des questions écrites, qui demandent aux sujets

- a) de prévoir l'état ou les réactions d'une partie du système après une transformation de sa situation initiale,
- b) d'expliquer leurs réponses, c'est-à-dire de fournir des arguments qui peuvent justifier celles-ci.

Ainsi, les sujets sont amenés à fournir à la fois une description de leurs représentations symboliques spontanées quant au concept du champ magnétique et une explication de l'usage réservé à ce système conceptuel, donc aux opérations effectuées sur ces problèmes à travers les connaissances qu'ils disposent.

Nous avons focalisé cette première exploration sur trois grandeurs relatives au concept du champ magnétique :

- a) les forces d'interdépendance qui se sont créées par le champ magnétique,
- b) le bipolarité nécessaire à sa définition,
- c) la susceptibilité magnétique.

Les problèmes étudiés relèvent du domaine du champ magnétique dont l'importance et les difficultés épistémologiques dans l'élaboration de la théorie physique moderne sont bien connus. Cependant, nous avons (Vergnaud, 1987) qu'un concept physique ne renvoie pas à une seule classe de situations et par ailleurs, une situation n'est pas analysable à l'aide d'un concept unique. Ainsi, même dans un travail de description de représentations spontanées des sujets, il est nécessaire de travailler sur des ensembles de concepts reliés entre eux, l'objectif fondamental de la recherche étant, rappelons-le, d'étudier comment les raisonnements et les stratégies éducatives d'un groupe d'enseignants novices évoluent à mesure que leur degré d'expertise s'accroît. Quant aux trois grandeurs citées, ces considérations impliquent une approche des représentations spontanées du champ magnétique par les étudiantes à travers des situations ou des problèmes dont la résolution implique l'utilisation de ce concept dans ses différentes grandeurs. Ainsi, l'interdépendance des forces du champ magnétique est étudiée à travers un problème dont la « structure de surface » fait appel à l'intensité et à la quantité de mouvements d'objets soumis à l'induction magnétique et dont les masses sont égales. La bipolarité est étudiée comme un problème dont la solution exige la définition par les sujets des points où s'exerce une force d'aimantation. La susceptibilité magnétique est étudiée comme un problème de magnétisme rémanent. Ceci exige l'étude des représentations des problèmes de conservation de l'induction magnétique dans un échantillon de corps métalliques dont nous ne définissons pas les propriétés, après la décroissance de l'intensité du champ, c'est-à-dire lorsque nous annulons l'induction magnétique en éloignant les deux barres métalliques de l'aimant.

Le test proposé aux futures enseignantes est alors le suivant :

- Sur deux wagons, A et B, nous plaçons une plaque métallique (F) et un aimant (A). Leur mouvement est empêché par un bâton (P) qui relie d'une façon stable les deux wagons. Si nous enlevons le bâton P, pouvez-vous prédire et dessiner dans le cadre qui se situe sous le schéma, la place exacte où les wagons vont se trouver ? Expliquez le raisonnement de votre réponse avec le plus de détails possibles.

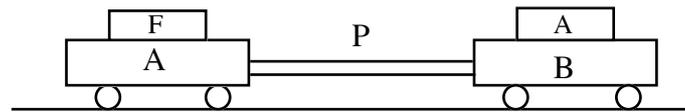


Figure A

- Nous disposons d'un aimant dont les deux pôles (Nord et Sud) sont recouverts par un matériel qui empêche toute manifestation des propriétés magnétiques (S1). L'aimant tombe et casse dans deux morceaux, K et L (S2). Comment devrait-on manipuler ces deux morceaux pour comprendre si le pôle libre d'un aimant qui est enfoncé dans le mur (schéma 3) est un pôle Nord ou Sud ? Expliquez en détail la manipulation proposée.

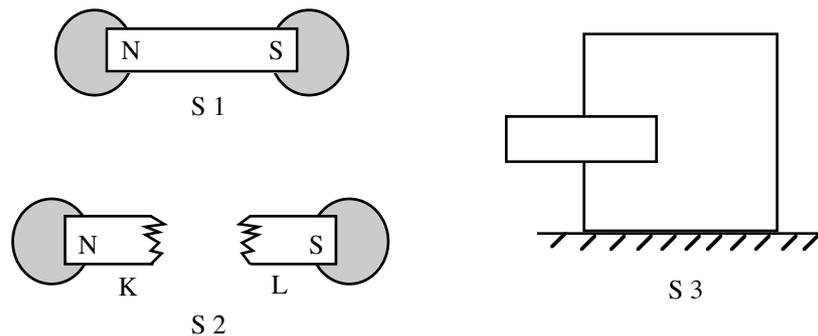


Figure 2

- Deux barres métalliques (1-2, 3-4) prennent les positions décrites par le schéma ci-dessous car elles sont attirées par l'aimant N-S. Que passera-t-il si nous éloignons une par une les barres de cet aimant et ensuite nous les approchons entre elles ? Expliquez le plus exactement possible les arguments en faveur de la réponse que vous avez donnée à la question.

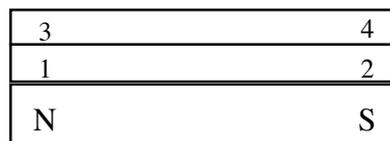


Figure 3

LA COMPRÉHENSION DE LA NOTION CHAMP MAGNÉTIQUE

Les réponses des sujets ont été classées selon trois critères :

a) Prédiction et justification des aimants, c'est-à-dire caractérisées par l'absence de toute référence aux propriétés du champ magnétique.

b) Prédiction et justification « intermédiaires » : dans ce cas, la reconnaissance de quelques phénomènes d'aimantation est associée aux propriétés des aimants dans le champ magnétique, mais les explications fournies restent insuffisantes.

c) Prédiction et justification correctes, qui attribuent plus ou moins axiomatiquement les phénomènes magnétiques à l'existence des particules qui, sous certaines conditions agissent dans la totalité du champ magnétique et définissent ses propriétés invariantes.

52 étudiantes qui se trouvaient à la fin de leurs études universitaires ont répondu au questionnaire².

Les résultats les plus marquants sont les suivants :

1. Quant à l'interdépendance des forces : le 15,4 % des réponses est caractérisé par des prédictions et justifications correctes (8 sur 52) en faisant explicitement référence aux « forces créées par le champ magnétique ». Le 3,8 % (2 sujets) se trouvent à un niveau intermédiaire et le 67,3 % (35 sujets) considère que seul l'aimant agit, donc le wagon B (celui qui porte l'aimant) reste immobile, tandis que l'autre se précipite à sa rencontre.

2. Quant à la bipolarité, le 57,7 % des réponses ne reconnaît pas cette propriété invariante de matériel magnétique. Ceci s'exprime tantôt par l'affirmation que les deux morceaux K et L ont une polarité unique (Nord ou Sud), tantôt par la croyance qu'au point de la rupture, l'aimant cesse d'avoir des particularités magnétiques. Enfin, 17 sujets (32,7 % des réponses) fournissent des prédictions et des justifications correctes.

3. Quant à la susceptibilité magnétique : bien que les informations données dans l'énoncé soient insuffisantes pour faire un pronostic sur le magnétisme rémanent de deux barres métalliques, aucune des réponses enregistrées ne fait réellement appel à l'intensité du champ, ni aux propriétés du matériel proposé. Ainsi, les étudiantes ont tendance à se focaliser sur cette qualité « métallique », en considérant qu'elle est suffisante pour assurer au matériel une susceptibilité magnétique. Cette

² La formation initiale est intégrée à l'Université. Les futurs enseignants du primaire et du préscolaire sont donc tenus à se former à travers la recherche et de construire leurs pratiques professionnelles à travers une approche trans-diciplinaire de la pédagogie et l'apprentissage. Cette approche est caractérisée par le refus de considérer la pédagogie comme une science de l'enseignement en général, une « science » affranchie de la matière à enseigner.

Par ailleurs, l'orientation principale de la recherche conduite dans le Département se situe au delà des approches épistémologiques, privilégiant « l'évidence du visible », surtout dans le cadre de l'éducation préscolaire. En effet, ces approches trouvent leur expression conceptuelle dans un pragmatisme qui réduit souvent l'activité de l'élève, (le « comprendre »), au « faire » et négligent donc le rôle de la modélisation progressive des connaissances dans et à travers l'interaction éducative.

Le questionnaire de cette recherche a été donné aux sujets avant l'enseignement des Sciences Physiques, prévu par le programme de leur formation Universitaire.

conceptualisation intuitive du monde physique se manifeste par des réponses qui considèrent que l'induction des corps métalliques sera influencée par le champ magnétique, même après l'éloignement de l'aimant (69,2 %), tandis qu'une autre partie des réponses (29 %) affirme le contraire³.

Nous avons filmé l'activité de ces enseignantes en salle de classe dans les situations éducatives qui comportent l'usage d'un aimant et nous avons constaté des différences qualitatives, au niveau surtout de leurs interventions pédagogiques. Ainsi, les enseignantes qui semblent centrer leurs représentations sur l'action à distance des aimants ne posent pratiquement jamais des questions aux enfants, ni elles tentent de fournir des explications quant au phénomène de l'aimantation. Au contraire, les enseignantes qui attribuent les phénomènes magnétiques à l'existence d'un processus « matériel » et relationnel, tendent beaucoup plus fréquemment à solliciter les enfants pendant l'activité éducative (en leur demandant par exemple de décrire ou de mettre en relation les états ou les situations observables). La conception d'une méthodologie didactique visant à la formation du concept du champ magnétique chez les étudiants serait donc susceptible d'améliorer d'une façon significative les performances professionnelles de ces enseignants en formation. Dans ce sens, le deuxième objectif de cette recherche en cours est d'élaborer des outils didactiques susceptibles de favoriser les processus d'acquisition des connaissances liées au concept du champ magnétique par les institutrices de l'école maternelle en formation initiale.

CONCLUSION : QUELQUES REMARQUES À PROPOS DE LA FORMATION DES INSTITUTEURS

Pour conclure, on pourrait constater que l'absence de formation des enseignants qui abordent des activités scientifiques à l'école élémentaire se trouve aujourd'hui en contradiction avec le développement des études entreprises sur les conceptions des jeunes élèves et leurs mécanismes d'appropriation du savoir. En accord avec Mialaret (1977) lorsqu'il pose comme principe fondamental dans toute tentative de formation le fait que la formation pédagogique ne remplacera jamais le savoir, nous pensons comme lui que cette formation initiale des enseignants de l'école maternelle « ne peut être entreprise avec des ignorants ». Il est ainsi nécessaire à notre avis, à la fois de former les enseignants à des objets spécifiques du savoir enseigné et de leur permettre, au cours de leur formation initiale, certaines hypothèses de recherche de nature didactique, habituellement formulés pour des

³ La réponse correcte à la première question est que les deux wagons vont bouger sous l'influence des forces réciproques d'interaction.

A la deuxième question nous prenons par exemple le morceau K dont le bout qui n'est pas couvert est déjà le pôle sud. Nous approchons donc le pôle sud à l'aimant du mur. S'ils s'attirent ça signifie que le bout de l'aimant du mur est le pôle nord. Sinon, le bout de l'aimant du mur est le pôle sud.

A la troisième question les données sont insuffisantes pour qu'on puisse avoir une réponse correcte. Par conséquent, les sujets devront faire des hypothèses sur le genre des matériels et l'intensité du champ magnétique.

LA COMPRÉHENSION DE LA NOTION CHAMP MAGNÉTIQUE

élèves plus âgés. Ces hypothèses concernent l'importance des conceptions spontanées des élèves en tant qu'instruments de diagnostic pour l'enseignant, l'importance de l'interaction sociale dans la classe (avec l'enseignant ou avec les autres élèves), l'importance de l'observable et l'apport d'un certain formalisme à travers les schématisations proposées par l'enseignant. Pour réaliser cela, l'activité seule de l'élève, même dans un groupe d'enfants, reste insuffisante. D'autre part, il est évident que les interventions de l'enseignant ne seront efficaces que s'il maîtrise bien les questions et les conceptions en jeu dans la situation qu'il propose aux élèves. Au niveau de la formation des enseignants du préscolaire, ceci ramène à la surface la proposition toujours actuelle de Piaget : « cette refonte met essentiellement en cause, non pas seulement la didactique spécialisée de chacune des branches de cet enseignement scientifique (mathématique, physique, chimie, biologie, etc.), mais une série de questions plus générales telles que celle du rôle de l'enseignement préscolaire (4-6 ans), celle de l'utilisation des connaissances psychologiques acquises sur le développement de l'enfant, celle du caractère interdisciplinaire nécessaire des initiations et cela à tous les niveaux » (1972, p. 17).

Y. PAPAMICHAEL
K. RAVANIS
Université de Patras

Abstract : The institutional integration of the formation of Greek teachers within the University was not sufficient to surpass the ancient models of formation based on the skillfulness pedagogies. Thus, the teachers, the majority of which is of moderate social origin and of low cultural level, lacking specific knowledge that would permit them to deal with the questions in the pedagogical activities predicted by the official program, find themselves unable to undertake cognitive education duties in kindergarten environment. This research aims at the verification of this hypothesis in relation to the didactic dispositions that appeal directly to the elaboration of the notion of the magnetic field.

BIBLIOGRAPHIE

- CHEVALLARD, Y. (1991) *La transposition didactique*, Grenoble : La Pensée sauvage.
- MIALARET, G. (1977) *La formation des enseignants*, Paris : PUF.
- PIAGET, J. (1972) *Où va l'éducation ?*, Paris : Danoël-Gauthier.
- POPPER, K., (1973) *La logique de la découverte scientifique*, Paris : Payot.
- VERGNAUD, G. (1987) « Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant » – in : J. Piaget, P. Mounoud et J. P. Bronckart (éds), *Psychologie* (pp. 981-844). Paris : Gallimard.

Y. PAPAMICHAEL & K. RAVANIS

WEIL-BARRAIS, A. & LEMEIGNAN, G. (1990) « Apprentissage de concepts en mécanique et modélisation de situations » *European Journal of Psychology of Education*, V.4 (391-415).