

RECHERCHES EN DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE : QUELQUES ENJEUX D'ACTUALITE, OBJETS ET CADRES

Cécile de **HOSSON**

LDAR (EA 4434 – Université Paris Diderot)

cecile.dehossion@univ-paris-diderot.fr

Résumé

Si l'amplitude et la diversité actuelles des recherches en didactique de la physique rendent périlleux, presque prétentieux, tout travail d'exposition exhaustif, il apparaît toutefois possible d'examiner quelques spécificités du travail du didacticien lorsque celui-ci s'intéresse aux processus de construction du savoir en physique. C'est à cet exercice que nous nous livrons ici, en adoptant un point de vue personnel, alimenté par nos propres travaux et par d'autres, proches de nos préoccupations scientifiques. La recherche en didactique de la physique est abordée sous deux angles différents (mais liés). Le premier étudie sa contribution à la définition des termes de la négociation entre la rationalité de la physique et celle du sens commun. Le second présente la recherche en didactique de la physique en tant qu'actrice de l'exercice d'une forme épistémologique de vigilance face aux contenus et aux démarches qui président aux choix institutionnels actuels (incitation à pratiquer un enseignement fondé sur l'investigation, à asseoir la physique sur un terrain plus « culturel » et moins formaliste, à introduire des éléments d'histoire des sciences, etc.).

Mots clés

Didactique de la physique, physique, sens commun, conceptions, démarche d'investigation.

RECHERCHES EN DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE : QUELQUES ENJEUX D'ACTUALITE, OBJETS ET CADRES

Introduction

La recherche en didactique de la physique étudie, pour les comprendre, les processus d'apprentissage, d'enseignement et de formation des lois, des concepts, des principes qui fondent la physique. L'analyse du chercheur en didactique est le plus souvent sous-tendue par le repérage de régularités, régularités qui peuvent porter sur le rapport des enseignants, des étudiants, des élèves, des institutions (scolaires, le plus souvent) aux savoirs de la physique. Si la recherche en didactique de la physique n'a pas de visée prescriptive, la plupart des travaux du champ nourrissent la formation des enseignants en soutenant une meilleure connaissance des sources possibles de difficultés d'apprentissage et des moyens d'y remédier.

Au-delà de cette présentation macro (que nous jugeons consensuelle) et compte-tenu du nombre et de la diversité des recherches actuelles (en France et à l'étranger), toute entreprise d'exposition exhaustive de l'ensemble des problématiques, des questions et des modes de travail des didacticiens de la physique apparaît voué à l'échec. C'est pourquoi nous avons choisi de nous intéresser ici à deux projets que semble poursuivre la recherche en didactique

de la physique depuis son apparition dans le monde académique à la fin des années 1970'. Le premier vise la définition des termes de la négociation entre la rationalité de la physique et celle du sens commun ; le second ambitionne l'exercice d'une forme épistémologique de vigilance (externe) face aux contenus et aux démarches qui sous-tendent les choix institutionnels actuels. Nous illustrerons ces projets à la lumière de nos recherches ou de recherches familières, en demeurant consciente que ce choix réduit considérablement le spectre des travaux actuels du champ.

1. Définir les termes d'une négociation entre la rationalité de la physique et celle du sens commun.

Des erreurs persistantes, stables dans l'espace et dans le temps

Il y a quelques semaines, on proposait à des étudiants de L3 de physique de prévoir (par un schéma) la façon dont serait affectée l'image d'une fleur formée par une lentille convergente si l'on masquait la moitié de cette lentille.

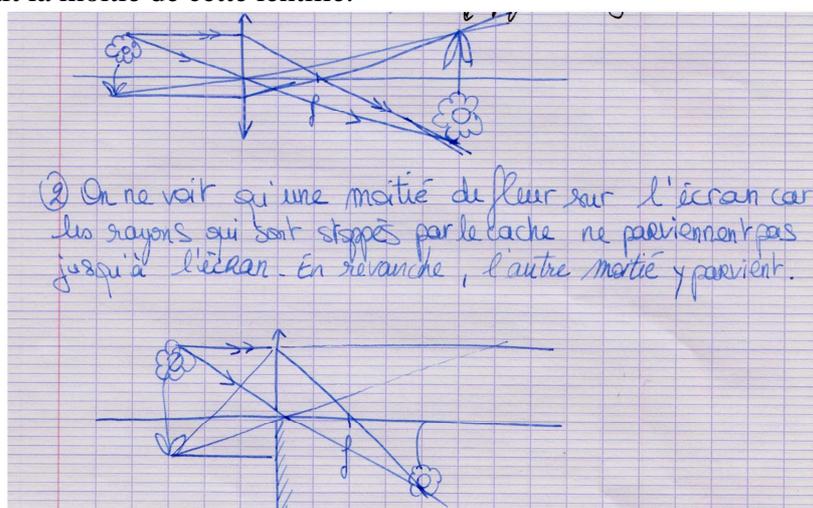


Fig.1 : « On ne voit qu'une moitié de fleur sur l'écran... ». Réponse d'un étudiant de L3 de physique à qui l'on demande de prévoir la façon dont sera affectée une image formée par une lentille convergente si l'on masque la moitié de cette lentille.

Cette situation, classique des recherches en didactique depuis les années 80' engage des règles de construction géométriques largement connues des étudiants de ce niveau (voir haut de la figure 1). Pour autant, ceux-ci persistent à prédire la disparition de la moitié de l'image (alors que seule sera affectée la luminosité de l'image et non sa forme –voir bas de la figure 1)⁵⁷, et cette prédiction demeure stable dans l'espace et dans le temps (Goldberg & McDermott, 1987, Rice & Feher, 1987, Kaminski & Mistriotti, 2000). Plus récemment, on trouvait dans une copie d'examen de physique de L1 un bilan des forces exercées sur un ressort (en mouvement

⁵⁷ Un objet peut être décomposé en un nombre infini de points sans dimension ; chaque point de l'objet est alors considéré (s'il est éclairé) comme un point-source qui émet de la lumière dans toutes les directions ; celle-ci peut être géométrisée par des droites (rayons) qui désignent le sens de propagation de la lumière émise par chacun des points de l'objet. Dans un contexte de modélisation géométrique (usuel dans l'enseignement secondaire et supérieur) d'une situation de formation d'image par une lentille convergente, un rayon issu d'un point-objet A passant par le centre optique de la lentille n'est pas dévié ; un rayon parallèle à l'axe optique dans le plan-objet est dévié par la lentille et passe par le foyer de la lentille dans le plan-image. L'intersection des deux rayons dans le plan-image est le point-image A' du point-objet A. Cette pratique « rituelle » (Viennot, 2006) d'échantillonnage semble favoriser les réponses « moitié de lentille > moitié d'image » et fait perdre le sens même de la notion d'image optique : à chaque point-objet correspond un point-image formé par l'intermédiaire d'un faisceau divergent (depuis le point-objet) qui converge après la lentille jusqu'au point-image ; un faisceau contient une infinité de rayons issus du point-objet si bien que n'importe quelle partie de la lentille, aussi petite soit-elle, suffit pour former le point-image correspondant.

horizontal) incluant la vitesse (voir figure 2). On voyait dans cette erreur (répandue) le signe d'une difficulté, pour le sens commun, à accepter qu'un objet puisse être en mouvement dans un sens opposé à celui de la force s'exerçant sur l'objet⁵⁸ (Viennot, 1979, Halloun & Hestenes, 1985).

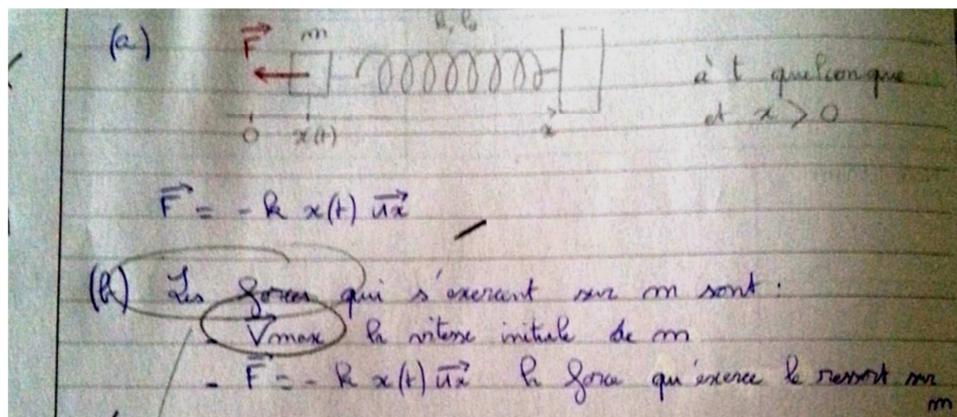


Fig.2 : Réponse d'un étudiant de L1 à qui l'on demande de faire le bilan des forces s'exerçant sur une masse accrochée à un ressort que l'on vient de lâcher après l'avoir étiré vers la gauche jusqu'à au point 0.

Les exemples de ce type sont nombreux, où l'on constate que des étudiants « scientifiquement éduqués » mobilisent préférentiellement des raisonnements de sens commun souvent contradictoires avec les règles et les principes qu'ils ont appris, lorsque les situations qui leur sont proposées diffèrent de celles que l'on trouve dans les évaluations institutionnelles classiques. Doit-on en conclure que ces étudiants ne sont pas au niveau ? Qu'ils n'ont rien appris ? Rien compris ? Doit-on rejeter la faute de leurs erreurs sur leurs enseignants ?

Le projet de la recherche en didactique des sciences (celle de la physique en particulier) est de se départir d'interrogations mettant en cause les compétences des individus (élèves, étudiants, enseignants) en positionnant la question de la persistance de ces erreurs au sein même de la physique et de son rapport avec le sens commun dans une dialectique de nature épistémologique. Se faisant, il se positionne dans le sillage de l'œuvre du biologiste Jean Piaget et de celle du philosophe Gaston Bachelard.

Les racines : la physique et le sens commun

Comprendre la persistance des erreurs des élèves, des étudiants (des enseignants aussi) confrontés à des situations engageant des savoirs connus d'eux conduit à interroger le rapport que ces élèves, ces étudiants entretiennent avec ce monde que la physique questionne, avec la façon dont elle le questionne. Cela nécessite, dans un premier temps, de savoir de quoi l'on parle lorsque l'on parle de physique en tant que discipline savante. Pour Perdijon (2006) : « La physique étudie, par l'expérimentation et l'élaboration de concepts, la matière et le rayonnement en relation avec l'espace et le temps ». Elle établit des relations de nature causale (fonctionnelles) entre des grandeurs (mesurables) ; ces grandeurs renvoient à des concepts le plus souvent « formels », c'est-à-dire n'ayant pas de correspondant dans la nature et que l'on définit par des attributs, des propriétés (Lemeignan & Weil Barais 1993). En regard de cette définition, le sens commun se voit quelque peu malmené. Prenons un exemple. La causalité est généralement indissociable d'une organisation chronologique d'événements ; pour le sens commun, une cause précède toujours un effet (Halbwachs, 1974 Viennot, 1996).

⁵⁸ Ceci est la traduction de la 2^e loi de Newton qui associe force et accélération. Si un objet décélère (un ascenseur avant d'atteindre sa destination finale en étant parti du rez-de-chaussée) il est soumis à une force vers le bas alors même qu'il continue sons ascension.

En physique, la plupart des lois engagent le signe « = » qui rend compte d'une simultanéité des causes et des effets, et en général, les grandeurs considérées pour un système donné (forces et accélération, intensité et tension, etc.) évoluent ensembles au même instant. Cet antagonisme est également à l'œuvre dans la définition et la manipulation des concepts dits « formels » que le sens commun tend à doter de propriétés matérielles afin de pouvoir s'en saisir de manière plus opératoire (les ombres deviennent des tâches noires, l'électricité et la chaleur des fluides, les images optique des entités qui voyagent et qui perdent des morceaux au passage de lentilles à moitié masquée). Ainsi posée, la physique semble s'être constituée par opposition au sens commun⁵⁹. C'est en tout cas la position défendue par Bachelard : « Les sciences physiques et chimiques, dans leur développement contemporain, peuvent être caractérisées épistémologiquement comme des domaines de pensées qui rompent nettement avec la connaissance vulgaire » (Bachelard, 1938). La formation de l'esprit scientifique nécessiterait une destruction préalable d'un préexistant certes opératoire, mais tout à fait néfaste en termes d'accession à la rationalité scientifique. A propos du phénomène d'électrisation, Bachelard écrit :

Que les corps légers s'attachent à un corps électrisé, c'est là une image immédiate de certaines attractions. De cette image isolée (...) l'esprit préscientifique va faire un moyen d'explication absolu (...). Le phénomène immédiat va être pris comme le signe d'une propriété substantielle, aussitôt toute enquête scientifique sera arrêtée (...). On pense comme on voit, on pense ce qu'on voit : une poussière colle à la paroi électrisée donc l'électricité est une colle, une glu. On est alors engagé dans une mauvaise voie où les faux problèmes vont susciter des expériences sans valeur, dont le résultat négatif manquera même de rôle avertisseur (...). (Bachelard, 1938, p.103).

L'idée de « rupture » a été depuis lors beaucoup discutée voire même rejetée (Schiele, 1984). Et la plupart des chercheurs en didactique semblent convaincus que la recherche d'une destruction est une entreprise inappropriée puisque des raisonnements de sens commun persistent à des niveaux élevés de formation scientifique. Par ailleurs, le sens commun ne pense pas « toujours mal » (Bachelard, 1938), et certaines tendances naturelles de la pensée forment de bons leviers de rationalité. Aussi, les recherches actuelles travaillent davantage à l'exploration de voies de négociation entre rationalité physique et rationalité du sens commun. L'une des tâches du didacticien consiste donc à identifier les traits de cette rationalité, dans un contexte de recherche où « l'instrument pour la photographie des idées fait défaut » (Viennot, 1996, p. 19).

Connaître le sens commun : les études de « conceptions »

L'un des pionniers sur ces questions est certainement Jean Piaget. Biologiste de formation, Piaget va chercher à caractériser la façon dont l'enfant, au long de son développement biologique, entre en contact avec le monde qui l'entoure pour le rendre intelligible. Il fonde ce qui deviendra la psychologie du développement (ou psychologie cognitive) en étudiant, par entretiens cliniques et critiques, les structures de pensées qui se développent au fur et à mesure que l'enfant grandit. Piaget montre ainsi comment l'enfant « réinvente » le monde physique, donne un sens aux objets en faisant par exemple émerger « leurs » propriétés et fonctions. La figure 3 ci-après, extraite de nos travaux de recherche (de Hosson & Kaminski, 2002) illustre l'un des résultats des travaux Piagétiens : la plupart des enfants explique la vision par l'envoi de « quelque chose » depuis les yeux vers les objets. Pour Piaget, cela est dû au fait qu'entre 4 et 6 ans l'enfant est lui-même source de causalité par ses propres actions. Autrement dit, les liens de causalité ne sont reconnus par les jeunes enfants que lorsqu'ils agissent sur les objets, et non lorsque les objets agissent les uns sur les autres,

⁵⁹ Elle en emprunte les mots mais en les dotant de significations souvent incommensurables avec celles qu'ils avaient dans le registre de la langue courante.

indépendamment des actions des enfants. A ce stade, il y a « indifférenciation de l'opération et du causal » (Piaget & Garcia, 1971, p. 125). En outre, le « quelque chose » issu des yeux est généralement doté de propriétés matérielles comme en témoigne l'explication accompagnant le dessin de Stanislas ci-après.



Fig.3 : « La lumière, elle rentre dans les yeux et ça permet aux yeux d'envoyer un truc, de l'électricité peut-être, vers les choses et après ça prend la forme, la couleur, et comme ça on sait ce que c'est », Réponse de Stanislas, 5ans, à qui l'on demande une explication du phénomène de la vision (de Hosson & Kaminski, 2002).

La raison pour laquelle les travaux de Piaget intéressent le didacticien tient autant aux résultats (qui touchent à la façon dont certaines notions/concepts et formes de raisonnement relevant de la physique se construisent chez l'enfant) qu'à la méthode mise en œuvre pour reconstruire l'évolution de la pensée enfantine. Ainsi, depuis près de 40 ans que la recherche en didactique de la physique existe⁶⁰, les formes de raisonnement risquant de faire obstacle à l'apprentissage sont identifiées par inférence : le chercheur va rechercher et reconstruire des formes génériques de raisonnement (conceptions) à partir de réponses d'étudiants (ou d'élèves) obtenues lors d'entretiens (individuels cliniques, directifs/semi-directifs/ouverts) et/ou de passations de questionnaires (fermés/semi-ouverts/ouverts, etc.).

Dans ce dernier cas, on propose au public, cible de l'enquête didactique, une classe de situations (voir figure 4) renvoyant à une même connaissance (donc, à une même difficulté supposée) et l'on examine la cohérence de l'ensemble des réponses et/ou des explications proposées⁶¹. Cette démarche de recherche a permis l'identification d'un nombre important de conceptions, de tendances de raisonnement, et ce, dans pratiquement tous les domaines de la physique actuellement enseignée⁶². Il est d'ailleurs frappant de constater que ces conceptions demeurent stables dans l'espace (on les retrouve inchangées d'un pays à l'autre) et dans le temps. Mais la mise en évidence de ces formes récurrentes de raisonnement n'est pas la finalité de la recherche en didactique de la physique. Elle constitue cependant une étape nécessaire à la définition des termes de la négociation entre la rationalité à l'œuvre en physique et la rationalité du sens commun.

⁶⁰ Dans le monde anglo-saxon, cette recherche est connue sous le nom de Physics Education Research. En France, la recherche en didactique de la physique est née dans les années 70' lorsqu'un petit groupe de physiciens de l'université Paris 7, intrigués par les erreurs récurrentes des étudiants de DEUG (y compris après enseignement) ont cherché à en comprendre les origines.

⁶¹ Nous présentons en annexe un exemple de classe de situations engageant les 2 premières lois de Newton et permettant au chercheur d'inférer un raisonnement associant de manière inappropriée « force » et « vitesse ».

⁶² On pourra se référer à la recension bibliographique très complète des chercheurs allemands Pfundt et Duit : <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html> ou encore aux « facettes » telles que définies par le Nord-Américain Minstrell dans son *diagnoster* <http://depts.washington.edu/huntlab/diagnoster/facetcode.html>. Ces deux pointeurs permettront au lecteur de trouver les références utiles à l'identification des raisonnements les plus couramment mis en œuvre lors de l'apprentissage de la physique.

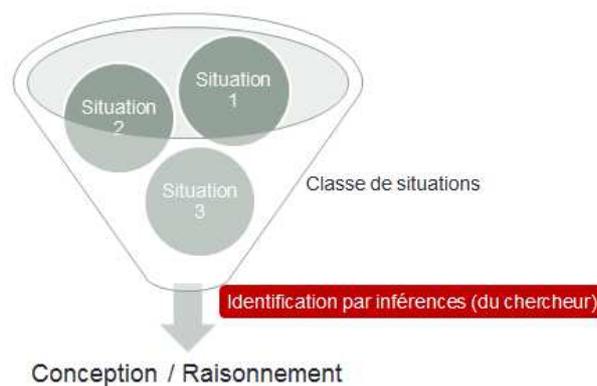


Fig.4 : Modélisation d'un processus d'inférence de conception à partir d'une classe de situations renvoyant à une loi, à un principe physique identique.

Penser les termes de la négociation

La négociation dont il est question ici promet une prise en compte effective des structures de raisonnement susceptibles de brouiller le message de l'enseignement scientifique. Il s'agit de faire avec un « déjà-là » identifié pour le faire évoluer, tout en favorisant, chez les étudiants/les élèves, une prise de conscience de niveau *meta*. De manière assez naturelle, les chercheurs ayant contribué aux études de conceptions ont également produit et évalué un certain nombre d'outils spécifiques et adaptés.

Dans l'exemple ci-dessous, on demande à des étudiants de premier cycle universitaire de faire un bilan des forces exercées sur une valise soulevée verticalement et vers le haut. La plupart des réponses engagent une force vers le haut (celle de la main sur la valise) et une force vers le bas, celle de valise sur la main, assimilée au poids de la valise – voir figure 6). S'il apparaît satisfaisant pour le sens commun (le bilan des forces est en faveur d'une résultante vers le haut), ce bilan contredit la troisième de Newton, celle dite « des actions réciproques » selon laquelle la force de la main sur la valise ne peut être qu'égale à la force de la valise sur la main.

Une schématisation dite « éclatée » (Viennot, 1996) permet de pallier cette difficulté et de revenir au sens profond des lois qui régissent le mouvement des corps (ou systèmes). Le système auquel on s'intéresse ici est la valise ; elle est isolée des deux autres systèmes avec lesquels elle est en interaction : la main du porteur et la Terre (figure 6). Cet artefact graphique permet d'identifier les forces qui s'appliquent sur la valise, et sur la valise uniquement : il s'agit des forces exercées par les corps en interaction avec elle. La valise est donc soumise à deux forces : la force de la main et la force de la Terre (ie : le poids de la valise) ; elles sont colinéaires (verticales), de sens opposés, de normes différentes et la résultante de ces deux forces est verticale est vers le haut, ce qui est bien le sens de l'accélération : la valise monte. Conformément à la 3^e loi de Newton, la force exercée par la valise sur la main est égale (en norme) et opposée (en sens) à la force exercée par la main sur la valise, simplement, elle ne s'applique pas à la valise, mais à la main ! C'est l'identification d'une assimilation inappropriée de la loi des actions réciproques qui guide ici le chercheur dans la construction d'une proposition qui présente l'avantage de redonner du sens à l'idée de « loi appliquée à un système » tout en prenant en compte une difficulté supposée persistante.

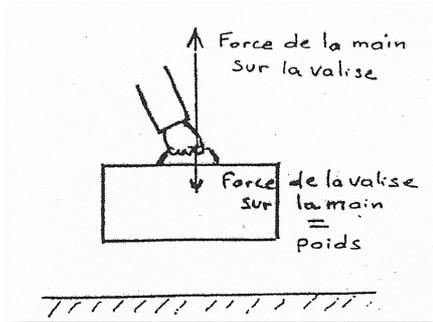


Fig.5 : Situation-cible : un homme soulève une valise vers le haut

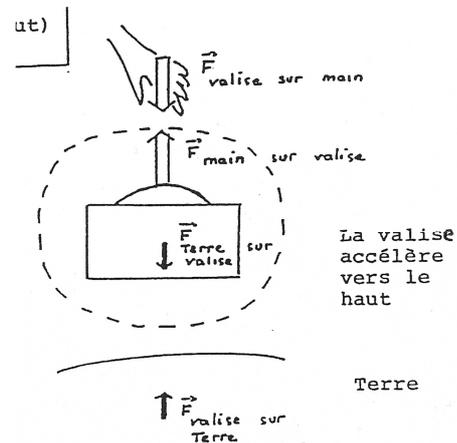


Fig.6 : Proposition didactique : les schémas éclatés (Viennot, 1996).

Les termes de la négociation peuvent aussi être recherchés dans l'histoire des sciences (avec toute la prudence que cela requiert⁶³). Les travaux que nous menons depuis 2004 s'inscrivent dans cette perspective et ont pour objet la création d'un cadre unificateur d'élaboration de séquences d'enseignement dans lesquelles l'information historique devient un outil d'apprentissage des savoirs scientifiques. Cet engagement s'inscrit dans la droite ligne de notre thèse qui avait pour objet la construction et l'évaluation d'une séquence d'enseignement d'optique élémentaire à partir d'éléments d'histoire du mécanisme optique de la vision (de Hosson 2004). Au cours de cette recherche, nous avons conçu un parcours d'apprentissage visant la compréhension du rôle de la lumière dans la vision.

L'enquête didactique que nous avons menée afin d'identifier les difficultés des élèves à propos du rôle de la lumière dans la vision a montré que l'entrée de la lumière dans l'œil n'est reconnue (par les élèves interrogés) qu'au prix de la gêne qu'elle provoque, c'est-à-dire, dans des situations d'éblouissement. Or, dans de telles situations, la vision est difficile, voire impossible. Ce constat pose deux difficultés. D'abord elle conduit les élèves à affirmer que la vision des objets n'est possible que si la lumière n'entre pas dans l'œil ; ensuite, elle induit l'idée que les objets ordinaires, ordinairement éclairés ne renvoient pas la lumière qu'ils reçoivent. En d'autres termes, la vision d'un objet est possible si celui-ci est éclairé et si la lumière qui l'éclaire est suffisamment faible pour y « rester ». Le phénomène de l'éblouissement, tel qu'il se voit interprété par les élèves, constitue une difficulté majeure pour comprendre que la vision d'un objet résulte de l'entrée dans l'œil d'un observateur d'une partie de la lumière renvoyée par l'objet. A l'inverse, c'est l'observation de situations d'éblouissement qui semble être à l'origine de la première explication rationnelle du mécanisme de la vision. Elle est proposée par le savant arabe Ibn al-Haytham au 11^e siècle dans son *Kitab al Manazir*. Nous nous sommes donc trouvée face à une situation où un même fait d'observation (l'éblouissement) conduit d'un côté à conclure que la lumière est *stimulus* de la vue, et de l'autre au contraire, à imaginer que lorsque la lumière entre dans l'œil, la vision est impossible. Nous avons donc cherché à reconstruire le cheminement ayant permis à Ibn al-Haytham de passer de l'observation du phénomène de l'éblouissement à l'énoncé d'une première explication du mécanisme optique de la vision dans laquelle la lumière (en tant qu'objet indépendant) est partie prenante. Cette reconstruction, réalisée à partir de l'étude de textes de première main (en particulier le *Kitab al manazir* dans la traduction anglaise d'A.I.

⁶³ Malgré la mise en évidence de ressemblances troublantes entre des raisonnements d'élèves et certaines idées historiques, la recherche en didactique de la physique a très tôt pris ces distances avec l'idée de « récapitulation onto-phylogénétique » (Saltiel & Viennot, 1985).

Sabra) s'est vue façonnée par la connaissance que nous avons des difficultés des élèves et nous a conduite à exhumer des éléments de l'histoire des théories de la vision minorés (voire ignorés) par les historiens. L'approche quantitative de la lumière construite par Ibn al Haytham à partir de l'analogie entre les effets de la lumière et la douleur est ainsi devenue l'idée centrale d'une séquence d'enseignement pour laquelle nous avons créé une ressource pédagogique : le *Dialogue sur les manières dont se fait la vision*. Il s'agit d'un dialogue fictif de type « galiléen » dans lequel trois personnages cheminent vers une explication rationnelle du mécanisme de la vision. Le dialogue s'ouvre sur une exposition de deux théories antagonistes (explicitement situées dans le contexte de la Grèce antique) dans lesquelles la vue est expliquée soit dans un sens œil>objet, soit dans un sens objet> œil. Il se poursuit vers une construction progressive du concept de lumière comme *stimulus* la vue. L'utilisation de ce dialogue s'est avérée fructueuse en termes d'apprentissage (et de motivation) aussi bien dans le contexte d'entretiens d'apprentissage avec des binômes d'élèves (de Hosson & Kaminski, 2007) que dans celui de situations réelles de classe de collège et de primaire (de Hosson & Delaye, 2009)

Nous l'avons déjà signalé, les propositions des didacticiens de la physique n'ont pas de finalité prescriptive dans la mesure où elles ne se posent pas comme des modèles à suivre. Cependant, le fait qu'elles soient le résultat de programmes de recherche garantit que leur impact ait été évalué *in situ*. Ainsi posées, les ressources produites dans le contexte de la recherche en didactique de la physique visent à élargir la palette des possibilités d'action des enseignants et de leurs formateurs. Encore faut-il que ces ressources soient connues et appropriables⁶⁴. Nous voyons là un enjeu fort pour la formation des enseignants et pour la recherche elle-même : quelles sont les conditions d'un transfert opératoire des résultats de la recherche en didactique vers la formation des enseignants ? Comment évaluer l'impact de ce transfert sur les pratiques des enseignants et/ou des formateurs ? sur l'apprentissage des élèves/des étudiants ? Autant de questions qui animent aujourd'hui notre communauté.

La recherche en didactique de la physique, actrice d'une forme épistémologique de vigilance : regard sur quelques choix curriculaires

Depuis quelques années, les programmes scolaires, les choix curriculaires, s'organisent et se créent indépendamment des résultats issus de la recherche en didactique⁶⁵. Cela peut paraître paradoxal dans la mesure où, d'une part de plus en plus de travaux produisent des ressources évaluées en situation réelles de classe, et d'autre part, de nombreuses recherches ont montré l'inaptitude de certaines pratiques usuelles d'enseignement à modifier les raisonnements de sens commun ou à favoriser la conceptualisation et l'apprentissage à long terme. Cette situation n'est pas spécifique de la France. De nombreux curricula scientifiques sont le produit de sphères de décision éloignées de la recherche. Mais finalement, cette position d'actrice éducative indépendante de l'institution scolaire, permet à la recherche en didactique d'examiner les conséquences des choix qui président à la création des programmes scolaires avec une certaine objectivité. La « démarche d'investigation », sorte de paradigme d'enseignement des sciences, est devenu ces dernières années un objet abondamment

⁶⁴ Les revues professionnelles telles que le *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, ou *Grand N* publient régulièrement des articles que l'on pourrait qualifier de « vulgarisation » des résultats de la recherche en didactique de la physique.

⁶⁵ Il est intéressant de noter que cela n'a pas toujours été le cas. Les programmes de physique-chimie de 1992 portaient la marque des didacticiens présents au sein du Groupe de Travail Disciplinaire chargé de leur élaboration. On y trouvait des références explicites aux conceptions risquant de faire obstacle à l'apprentissage et des propositions de remédiation ; de façon plus subtile, les programmes de collège de 2002 faisaient référence aux travaux d'Ibn al Haytham pour l'enseignement de l'optique au collège.

questionné par les didacticiens de la physique⁶⁶.

Avant les années 2000, l'enseignement des sciences à l'école primaire semble avoir déserté les classes. Cet argument constitue l'un des leviers du Plan de Rénovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie (PRESTE) mis en place en 2000 par l'Inspection générale de l'éducation nationale suite à un travail de terrain réalisé par l'Inspection dans les écoles « pilotes » qui travaillaient depuis quelques mois en collaboration avec la Main à la Pâte⁶⁷. C'est dans le PRESTE, que le mot « investigation » apparaît pour la première fois pour qualifier l'approche pédagogique qui allait, dès lors, être privilégiée. Quelques années plus tard, était publié le Socle Commun des Connaissances et des Compétences en même temps que les nouveaux programmes de collège. La démarche d'investigation (DI) devient, en tant que label, l'approche pédagogique à favoriser pour l'enseignement des sciences (expérimentale et mathématiques).

Si l'on rentre un peu dans les détails, on s'aperçoit que le choix des concepteurs de programmes se porte sur la notion de « situation problème », notion dont la création remonte aux années 70' et à la réforme des cursus canadiens de médecine. Cette notion présente des similitudes frappantes avec l'idée de « situation-problème » telle qu'elle était pensée par Robardet plusieurs années auparavant (Robardet 1997), c'est-à-dire, une notion complexe aux dimensions variées (épistémologiques, didactiques, cognitives) et qui situe l'apprentissage des sciences dans une approche bachelardienne de résolution de problème et de franchissement d'obstacle. La prise en compte des « conceptions des élèves » apparaît comme une nécessité, leur connaissance par les enseignants également, ce qui n'ira pas sans poser un certain nombre de difficultés de mise en œuvre par les enseignants. On assistera d'ailleurs à un glissement progressif de la notion de situation problème vers l'idée de « situation déclanchante », sorte de mise en scène ludique pensée pour capter l'attention des élèves (Mathé et al. 2008). Plus récemment, c'est le lycée qui a vu apparaître la DI comme pratique pédagogique d'enseignement des sciences.

L'installation de la démarche d'investigation (ou plus largement, de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation) dans les programmes scolaires a certainement profité d'influences de nature diverses. Au-delà du rôle joué par la Main à la Pâte, une autre influence peut être recherchée du côté de l'Union Européenne. Dans le rapport « Rocard » (2007), un lien est établi entre la désaffection des étudiants pour les filières scientifiques et la nécessité de changement de méthode pédagogique pour l'enseignement des sciences. Les bienfaits de la DI sont posés comme des certitudes et conduisent les auteurs à conclure à la nécessité de l'étendre à l'ensemble des écoles du territoire européen. Les résultats des évaluations internationales PISA contribuent également à cette émergence. Et en effet, si l'on examine la nature de ce qui prétend être évalué par PISA, on retrouve des aspects des savoirs de sciences et des aspects de savoirs sur la science qui incluent des démarches scientifiques auxquelles

⁶⁶ Nous aurions pu montrer la façon dont la recherche en didactique interroge les choix institutionnels à travers d'autres exemples. Les incitations régulières à introduire des éléments d'histoire des sciences forment, de ce point de vue, un terrain fertile : de nombreuses ressources disponibles dans les manuels, dans les documents d'accompagnement, réduisent l'histoire des sciences à la simple hagiographie, valorisent des informations anachroniques, et ignorent le terrain cognitif auquel elles sont destinées si bien que l'on peine à identifier les intentions (en termes d'apprentissage) dont elles sont porteuses. Le travail d'analyse des fiches pédagogiques produites pour accompagner l'activité de mesure de la Terre par la méthode dite d'Eratosthène est, de ce point de vue, exemplaire (de Hosson & Decamp, 2011).

⁶⁷ Pour mémoire, ce dispositif d'accompagnement pour l'enseignement des sciences, créé en 1996 par G. Charpak, avait pour objectif de mobiliser les différents acteurs de l'éducation sur la question de l'insuffisance de l'École en termes d'enseignements scientifiques. Les racines de la Main à la Pâte est à rechercher de l'autre côté de l'Atlantique, à Chicago, où s'installait le programme Hand's On qui devait remobiliser les élèves des quartiers défavorisés.

sont associées les DI. Bien entendu, on ne peut ignorer d'autres influences : celles des pédagogies actives (on peut par exemple citer Dewey (1925) qui valorise l'*Inquiry* comme processus nécessaire à la construction du savoir en sciences), et celles des résultats de la recherche en didactique des sciences. De ces recherches ont émergé des propositions allant dans le sens d'un enseignement des sciences moins dogmatique et plus ouvert.

L'enthousiasme des promoteurs de la DI, celui des maîtres d'ouvrage (des enseignants, des formateurs) ne doit pas pour autant faire oublier qu'elle est un objet questionné par la recherche, en éducation en général, en didactique en particulier, et de ce point de vue, les questions qu'elle suscite sont nombreuses. Qu'en est-il par exemple des références épistémologiques : la DI présente-t-elle des traits communs avec les démarches de la science, celle des laboratoires; est-ce important que cela soit, d'ailleurs ? Quels types de savoirs se prêtent au jeu d'une mise en scène sous forme de DI ? Quels sont les apprentissages effectivement réalisés ? Et qu'en est-il de la formation des enseignants ? Quels outils peut-on leur fournir pour une mise en œuvre appropriée ? Autant de questions dont les réponses sont aujourd'hui loin d'être consensuelles mais dont on espère qu'elles éclairent les choix futurs des concepteurs de programmes.

Conclusion

Il n'est pas question de réduire la recherche en didactique de la physique à ces deux dimensions de négociation et de vigilance. Les travaux présentés par les chercheurs francophones lors des dernières rencontres de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies montrent la richesse de la production actuelle, diversité des centres d'intérêt et la pluralité des cadres et des méthodologies mobilisées⁶⁸. On notera cependant un accroissement des recherches portant sur les pratiques des enseignants en lien (ou non) avec les activités des élèves, une ouverture notable vers de nouveaux objets (éducation à..., démarche d'investigation, questions socialement vives, etc.) et un intérêt plus accru pour des analyses de niveau micro situées au sein de cadres plus formalisés (PCK, TACD, double approche, etc.).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

DE HOSSON C. & KAMINSKI W. (2002). Les yeux des enfants sont-ils des "porte-lumière" ? *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 840, 143-160.

DE HOSSON, C. & DECAMP, N. (2011). La procédure de la mesure du périmètre terrestre par la méthode dite « d'Ératosthène » : un support pour une reconstruction didactique. *Grand N*, 87, 77-91.

DE HOSSON, C. & DELAYE, V. (2009). Comment voit-on les objets qui nous entourent ? A la découverte de la lumière, in. Djebbar A., de Hosson C. & Jasmin D. (eds), *Découvertes en pays d'Islam*, Paris : Le Pommier.

DE HOSSON, C. & KAMINSKI, W. (2007). Historical controversy as an educational tool. Evaluating elements of a teaching-learning sequence conducted with the "Dialogue on the ways that vision operates". *International Journal of Science Education*, 29 (5), 617-642.

DE HOSSON, C. (2004). Contribution à l'analyse des interactions entre histoire et didactique des sciences. Elaboration d'un support d'enseignement du mécanisme optique de la vision

⁶⁸ <http://www.ardist.org/rencontres-scientifiques/colloques-scientifiques/actes-des-rencontres-de-marseille-2014/>

pour l'école primaire et le collège et premiers éléments d'évaluation. Thèse de doctorat, Université Paris 7.

DEWEY, J. (1925). *Logic: The Theory of Inquiry*. The later works.

GOLDBERG, F. & MCDERMOTT, L. (1987). An investigation of students' understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American journal of physics*, 1987, n° 55, p. 108-119.

HALBWACHS, F. (1974). *Pensée physique chez l'enfant et le savant*. Delachaux et Niestlé.

HALLOUN, I. A., & HESTENES, D. (1985). Common sense concepts about motion. *Am. J. Phys.*, 53(11).

KAMINSKI, W., & MISTRIONI, Y. (2000). Optique au collège: le rôle de la lumière dans la formation d'image par une lentille convergente. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 823, 757-784.

LEMEIGNAN, G., & BARAIS, A. W. (1993). *Construire des concepts en physique: l'enseignement de la mécanique*. Paris : Hachette.

MATHE, S., MEHEUT, M., ET DE HOSSON, C. (2008). Démarche d'investigation au collège: quels enjeux? *Didaskalia*, 32, 41-76.

PERDIJON, J. (2006). *La formation des idées en physique*. Paris : Dunod.

PIAGET, J., & GARCIA, R. (1971). *Les Explications causales*. Paris : PUF.

RICE, K., & FEHER, E. (1987). Pinholes and images: children's conceptions of light and vision. *I. Science Education*, 71(4), 629-639.

ROBARDET, G. (1997). Le jeu des résistors: une situation visant à ébranler des obstacles épistémologiques en électrocinétique. *Aster*, 24.

ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., & HEMMO, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui: une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés Européennes.

SALTIEL, E., & VIENNOT, L. (1985). ¿ Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 3(2), 137-144.

SCHIELE, B. (1984). Note pour une analyse de la notion de coupure épistémologique. *Communication-Information: les représentations*, 6 (2-3), 43-98.

VIENNOT, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Hermann.

VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. Paris-Bruxelles : deBoeck.

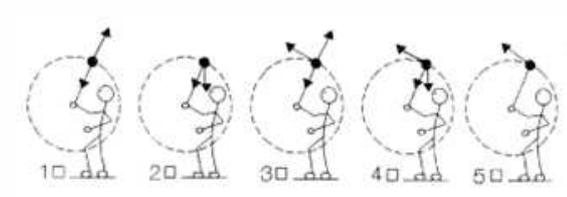
VIENNOT, L. (2006). Teaching rituals and students' intellectual satisfaction. *Physics education*, 41(5), 400.

ANNEXE 1 : EXEMPLE DE CLASSE DE SITUATIONS EN MECANIQUE NEWTONIENNE

- Au service, un joueur de tennis lance une balle en l'air. Représentez les forces qui s'exercent sur la balle juste après avoir quitté la main du lanceur.
- Un avion vole horizontalement et à vitesse constante; la résultante des forces de frottement qui s'exerce sur l'avion est représentée par la flèche grise. Représentez la résultante des forces de propulsion.
- Un individu immobile sur un tapis roulant avançant à vitesse constante lance une bille verticalement et vers le haut. A quel endroit cette bille retombera-t-elle ?



- Un enfant fait tourner une pierre attachée à un fil inextensible. Le mouvement s'effectue sans frottement. Quel schéma correspond aux forces qui s'exercent sur la pierre (dans le référentiel terrestre).



Les 5 situations suivantes renvoient aux deux premières lois de Newton et à la difficulté des étudiants à dissocier mouvement (au sens de vitesse) et forces (d'après Viennot 1979, Saltiel & Viennot 1985, Halloun & Hestenes 1985). Un étudiant qui raisonnerait en associant force et vitesse représenterait une flèche verticale et vers le haut sur la balle de la situation 1, une flèche horizontale et vers la gauche plus grande que la flèche représentée sur le schéma, indiquerait que la bille retombe derrière l'individu du tapis roulant et cocherait la case 3 (ou 4 ou 5) pour la dernière situation.