

L'enseignement des sciences physiques objet de recherche

par L. VIENNOT

L.D.P.E.S. - Université Paris 7

Depuis une vingtaine d'années, se développe un peu partout dans le monde un courant de recherche qui répond, en France, au terme de didactique. L'objet de ce fascicule est autant d'illustrer ce type de recherche, en en précisant les contours (actuels) au passage, que de rassembler un certain nombre de résultats et de réflexions susceptibles d'être utilisés assez directement dans l'enseignement. Mais ni cette introduction, ni aucun des articles qui suivent, ne visent à donner une image complète ni figée du domaine. En particulier, on n'abordera pas en tant que telle, la réflexion théorique que les chercheurs ont été amenés à développer pour structurer cette discipline naissante, élaborant ainsi des «concepts de la didactique» (1).

Quel est donc le propos des didacticiens ? Ou plutôt quels sont les facteurs communs à l'éventail de leurs travaux ? (2).

1. UN CONSENSUS DE DÉPART

Au départ, on trouve les prises de position suivantes :

– Il ne suffit pas de bien connaître une matière pour l'enseigner efficacement. Les cas de grande compétence disciplinaire associée à une inefficacité pédagogique importante sont assez fréquents pour qu'on fasse souvent crédit de la première de ces caractéristiques à ceux qui n'ont en fait que la seconde, bien manifeste.

– Enseigner plus efficacement suppose une meilleure connaissance des trois pôles essentiels en jeu, ainsi que de leurs relations mutuelles : le savoir, l'élève, le maître. Rien de bien neuf, en apparence, puisque chacun de ces pôles est, en soi, depuis longtemps, objet d'étude. Mais c'est ici leur prise en compte simultanée, et bien sûr articulée, qui est ressentie comme nécessaire. De plus, ce système est ouvert immergé dans la réalité physique et sociale, il en subit toutes les influences.

– A l'importance du pôle «savoir» répond, dès la naissance de ce courant didactique, une insistance sur le caractère disciplinaire des études,

qui, chacune se focalisent sur des contenus précis. En physique, ces contenus sont souvent inclus dans tel ou tel chapitre traditionnel : mécanique, optique, thermodynamique, électrocinétique, chimie. En revanche, les facteurs psychosociologiques généraux restent l'apanage de ce que, en France, nous appelons «Sciences de l'Education», et ne relèvent pas, du moins dans ses principes constitutifs, de la didactique. Cette exclusion (au moins initiale) n'est pas une négation de l'importance de tels facteurs, dont nul ne peut sans ridicule, nier l'impact. C'est une spécialisation.

– L'importance attribuée à l'élève dans cette relation ternaire savoir-élève-maître, tient à l'idée qu'il n'est pas un simple réceptacle dans lequel on déverse des connaissances (qu'il suffirait dès lors de bien organiser), et qu'on n'apprend pas seulement en s'imprégnant par l'ouïe, par la vue et grâce à une disposition psychologique favorable de ce que le maître aura répété un nombre raisonnable de fois. Dans cette perspective, généralement qualifiée de «constructiviste», l'élève construit activement ses connaissances à partir de celles dont il dispose et des apports extra-scolaires et scolaires : informations verbales, résultats d'expériences, débats ... L'important est de mieux connaître les modalités de cette construction afin de mieux maîtriser la manière dont l'enseignement peut y participer.

– Quant aux maîtres, tous ceux qui enseignent savent bien combien il est difficile de s'inclure soi-même dans les objets d'étude nécessaires, soucieux que l'on est de résoudre un problème, celui de bien enseigner, plutôt que de se voir comme une partie du problème. Sans doute est-ce pour cela que ce pôle de la relation d'enseignement-apprentissage est le moins exploré des trois. De plus en plus, pourtant, son étude apparaît comme incontournable [3].

– Ces prises de position sont associées à l'idée de «mieux enseigner». A la base de cet effort de recherche se trouvent des constats d'échec assez conséquents (en particulier pour l'enseignement universitaire), les désillusions qui ont suivi les grands projets anglo-saxons (Nuffield, H.P.P., P.S.S.C., [4]), l'espoir de fonder rationnellement les propositions de commissions de réforme (en France, la commission Lagarrigue, associée à la naissance d'un laboratoire de didactique : le L.I.R.E.S.P.T.). En fait, la naïveté de l'expression «mieux enseigner» - se borne à la formulation et peut-être à certaines composantes de l'élan initial. Très vite se pose la question : qu'est-ce que «mieux», c'est-à-dire : «mieux», pour quel but visé ?

Le but visé n'est pas, en tant que tel, du ressort du didacticien. C'est une question politique. La didactique en revanche peut espérer éclairer des lignes de cohérence possibles joignant de manière rationnelle point de départ, moyens, démarches, et but. La dimension de la zone éclairée est un sujet douloureux pour la didactique : elle est encore souvent faible.

C'est ainsi que les études qui suivent, comme la plupart des études de didactique, se situent plus ou moins implicitement dans le cadre des buts actuellement assignés à l'enseignement, quite à déboucher sur une proposition de modification de ces buts. Il faut pourtant rappeler qu'en France, par exemple, un laboratoire de didactique (L.I.R.E.S.P.T., Université Paris 7) a vu ses premières activités étroitement associées à la mise en place d'un enseignement totalement nouveau : la physique au collège, et que dans le contexte actuel hautement évolutif, aussi bien technologiquement que socialement, cette situation de « créer du neuf » risque de se présenter de plus en plus souvent.

– Enfin, les didacticiens entendent donner à leurs investigations le statut d'une véritable recherche.

2. RECHERCHE... VRAIMENT ?

Il est aisé de comprendre que se soit cristallisé un beau jour cet effort de rationalisation dans l'investigation. L'enseignement a, de tradition, un caractère extrêmement privé. Certes, l'organisation sociale, la prescription des contenus à enseigner ont, en France surtout, un caractère hautement collectif. Mais l'art et la manière d'enseigner, les déboires que l'on rencontre, à l'exception de ceux qui ont un caractère structurel (effectifs, programmes hypertrophiés...), restent encore des affaires très personnelles. Dans cette tradition, on serait ou l'on ne serait pas « pédagogue », et de cela on ne débattrait guère, les discussions prenant alors la forme de tirs croisés d'intimes convictions inébranlables argumentées plus passionnellement que rationnellement.

C'est de ce tableau que la didactique vise à se démarquer, en astreignant ses études à de véritables méthodes de recherches. La traduction littérale d'une expression anglo-saxonne évoque doublement ce dont il est question : des « enquêtes disciplinées » [5], par le type de savoir concerné - la discipline - et par les méthodes. Parmi les chercheurs impliqués, certains ayant une pratique de recherche dans leur discipline d'origine, ici la physique ou la chimie, d'autres étant, de métier, rompus aux méthodes des sciences humaines, ont apporté dans cet effort tout ce qu'ils pouvaient exporter de leur pratique antérieure.

En fait, les méthodes de recherche utilisées dans d'autres disciplines se révèlent plus ou moins adaptables selon les types d'études.

En facteur commun à l'essentiel des études didactiques et à toutes les disciplines scientifiques se trouve la référence à une réalité objective dont il importe d'organiser l'exploration en construisant des « faits scientifiques » c'est-à-dire en recueillant et en analysant les réponses de la

réalité explorée à des questionnements contrôlés. Ces faits n'ont évidemment d'intérêt que dans la mesure où ils sont reproductibles : la didactique s'attache prioritairement à dégager des régularités dans le fonctionnement des processus d'enseignement et d'apprentissage, et la reproductibilité des expériences est un aspect tout à fait essentiel dans l'appréciation de leurs résultats.

Ce qui vient d'être dit ne préjuge en rien du type de méthode utilisé. Celle-ci peut en particulier mettre en jeu de plus ou moins grands nombres de sujets, là n'est pas la question. Il reste dans tous les cas celle du degré de transférabilité des résultats à d'autres populations, d'autres situations qu'il importe de savoir décrire. Même ce qui s'intitule «étude de cas» s'attache plus ou moins explicitement à dégager des «faits scientifiques» ou des outils d'analyse (dont la pertinence constitue également un fait scientifique) au moins partiellement transférables à d'autres sujets et/ou à d'autres situations voisines. Sinon, quel serait l'intérêt ?

Dans quelle mesure, maintenant, cette transférabilité est-elle garantie par l'expérience ? Cette question, trouve une réponse plus ou moins nette selon les objectifs de l'étude. Pour simplifier, on peut se contenter d'évoquer ici deux grandes catégories.

La première est celle du constat. Le but est alors d'établir un «état des lieux» sur tels ou tels aspects des élèves, des maîtres, du système d'enseignement. C'est là qu'il est le plus facile et le plus fréquent de solliciter la participation de nombreux sujets et de parvenir à des résultats quantitatifs non ridicules du point de vue statistique. Les questionnaires papier-crayon occupent une place privilégiée dans cette perspective mais on y trouve aussi, notamment dans les phases préliminaires des enquêtes, des analyses d'interviews et des observations de classe. Quel type de caution quantitative peut-on alors espérer ?

La soif de respectabilité statistique conduit naturellement vers des analyses de corrélation ou des analyses factorielles des correspondances. Cela ne doit pas masquer les limitations de telles entreprises : il est rare que de telles méthodes fassent découvrir les traits les plus marquants du domaine que l'on explore dès lors que celui-ci concerne une réalité complexe. Ces traits font, le plus souvent, l'objet d'études exploratoires moins formalisées, et se dégagent par tâtonnements successifs beaucoup plus efficacement que par des méthodes statistiques utilisées en aveugle. En bref, il vaut mieux savoir ce que l'on cherche pour en montrer l'existence. En outre, découvrir que certains facteurs «*ont ensemble*» n'autorise pas à déclarer l'un cause de l'autre : corrélation n'est pas cause (3). Or, pour qui se propose d'agir sur une situation donnée, il est naturel de rechercher des liens de cause à effet, qu'il faut se garder, donc, d'avancer trop légèrement.

Il reste fort utile, cependant, de savoir que certaines caractéristiques de ce que l'on explore «*vont ensemble*», même sans lien évident de cause à effet. Finalement, le fondement quantitatif des nombreuses études sur les raisonnements des élèves effectuées ces dernières années est de ce type : certains questionnements caractérisés suscitent des réponses dont certains traits apparaissent «*ensemble*». La caution de l'idée qu'il existe quelque chose - une conception, un raisonnement, une représentation, le mot importe relativement peu ici - sous-jacent à cet «*ensemble*» est d'abord à trouver dans cette occurrence simultanée de caractéristiques de questions et de réponses, qui doit pouvoir résister à des contextes variés par ailleurs. L'interprétation, au sens d'une retraduction des faits observés en termes de l'«*élève pense ceci ou cela*», se guide parfois sur des formulations explicites d'élèves (4), parfois de façon moins évidente, sur la seule existence d'une cohérence possible que le chercheur reconstitue lui-même.

En général très articulées sur ce premier type d'entreprise - celui du constat - on trouve, en nombre bien moindre, des études évaluant les effets d'interventions contrôlées (c'est-à-dire dont on spécifie de manière détaillée les règles de construction, les modalités et la façon dont on tire les conclusions). Il ne s'agit plus de voir les choses telles qu'elles sont, mais d'examiner les réponses d'une partie du système élèves-maîtres-savoir à une intervention visant un but donné. Une référence, disons le tout de suite, illusoire, est celle du «*toutes choses égales par ailleurs*» permettant d'évaluer sans ambiguïté l'effet des facteurs que l'on modifie. La plus grande difficulté dans l'évaluation de telles expériences d'enseignement n'est pas tant de comparer, par exemple, les résultats d'une classe expérimentale et ceux d'une classe témoin, que de maîtriser le nombre et l'ampleur des facteurs de l'intervention. Si, par exemple, - hypothèse la plus banale -, la motivation du maître et le haut degré de préparation de ses interventions étaient à eux seuls des facteurs déterminants dans le succès d'une expérience d'enseignement, on comprendrait que tant d'entre elles réussissent, mais on comprendrait aussi que ces succès soient souvent peu généralisables à d'autres contextes... à moins que la motivation ne soit elle-même engendrée par les facteurs plus explicites de l'intervention. Cela, joint parfois à la difficulté d'intervenir sur de nombreuses classes (5), explique que la prudence préside dans les jugements que les chercheurs impliqués portent sur la généralisabilité de leur expérience. Paradoxalement, parmi les éléments attestant le sérieux des études qui se sont risquées sur ce terrain, on trouve au premier plan leurs constats d'échecs. Ceux-ci sont d'autant plus instructifs qu'ils ne portent pas sur l'ensemble des effets attendus. Si l'on est en effet devant une intervention suffisamment construite, et que les éléments de la réaction possible de l'ensemble étudié (sujet individuel, ou classe, ou autre) sont analysés de manière élaborée, les conclusions envisageables ne sont plus seulement globales - succès ou échec - mais différentielles. Et là, on se rapproche davantage du «*toutes*

choses égales par ailleurs» puisque pour une population donnée, un maître ou un chercheur donné, un horaire consacré, etc, certains effets attendus ont été obtenus et d'autres non. En revanche, on est ramené à une évaluation interne de l'expérience qui ne s'inscrit pas simplement dans une perspective d'optimisation globale de l'enseignement. Ce dernier objectif, précisons le, n'est pas celui des chercheurs impliqués. Dans l'analyse des activités des enseignants lors de la séquence proposée, ils s'attacheront plutôt à dégager des éléments qui, d'une part, permettront d'affiner l'intervention pour la rendre plus cohérente avec les buts qu'elle se propose, d'autre part alimenteront un corpus de connaissances où se dégageront des lois, du moins des phénomènes présentant une stabilité dans la variété des contextes. Dans l'établissement de ce corpus, ils retrouvent exactement les questions méthodologiques soulevées plus haut.

Cette rapide évocation ne se veut pas, bien entendu, un exposé de méthodologie (6). Elle n'est là que pour indiquer la nature de l'effort des chercheurs en didactique pour «discipliner» leurs études sans pour autant les stériliser. Dans cet effort, il est admis que tous les travaux ne parviennent pas au même degré de contrôle méthodologique, ni de reproductibilité, mais il importe qu'ils soient situés de ce point de vue.

On comprendra aussi que la didactique n'en soit pas encore à établir des effets et des lois comme on l'a fait en physique ou en chimie, mais plutôt à dégager des régularités, des phénomènes massifs «toutes choses variables par ailleurs», des convergences de preuves partielles, à définir des lignes de cohérence pour des interventions pédagogiques et à évaluer la possibilité de leur mise en œuvre, à comparer l'adéquation des objectifs et des résultats dans une évaluation souvent interne et différentielle.

3. OBJETS DE RECHERCHE : PLUS DE DÉTAIL

Les chercheurs ont, jusqu'à présent, réparti leurs efforts de façon tout à fait inégale sur les différents types d'étude, pour dire vite, sur les deux catégories relevées plus haut : constat, d'une part, construction et évaluation d'intervention pédagogique d'autre part. En nombre d'études, le constat prédomine largement, et, à l'intérieur de cette catégorie, le constat portant sur les idées des élèves et des étudiants l'emporte de loin.

Plusieurs facteurs contribuent à cet état de fait. L'essentiel est la perspective «constructiviste» décrite plus haut, dans laquelle l'état «initial» de l'apprenant importe au plus haut point. L'autre est, pour parler crûment, une affaire de rendement ; les études sur les idées (les «conceptions», les «raisonnements», les «représentations») des élèves se

sont révélées plus facilement convaincantes, et leurs résultats plus incontournables que d'autres. Devant la nécessité de convaincre dans un délai raisonnable sous peine de disparaître, la didactique naissante s'est naturellement portée vers l'exploitation d'un gisement fertile en informations à la fois essentielles à connaître et accessibles sinon facilement, du moins dans un délai raisonnable.

A cela s'ajoute un troisième facteur. Un regard quelque peu rapide peut assimiler «constat» et vision statique, passive. Si le constat n'était qu'un listage d'erreurs, tel serait le cas. Mais il apparaît d'emblée qu'un simple catalogue n'a guère d'intérêt : rapidement interminable, non mémorisable, et surtout inorganisé, il ne livre aucune des clefs de la compréhension des élèves ou pire ; il en suggère une différente pour chaque erreur. Pour être efficace, la description doit être organisée, et pour cela on est amené à dégager les caractéristiques des productions d'élèves qui «vont-le-mieux-ensemble». On l'a dit plus haut, ces rapprochements ne se font que par tâtonnements successifs. Une fois bien cernés, ils peuvent conduire à des résultats massifs, extrêmement stables d'une population à une autre distincte par l'âge, la nationalité, le style d'enseignement reçu, la culture... Dans cette recherche, il peut être dommageable de s'enfermer trop vite dans certaines catégories. En particulier, celles que suggère l'analyse des difficultés historiques constitue un guide important pour l'enseignant et le chercheur (voir par exemple [9]), mais qu'il importe de savoir relativiser [10] sous peine d'introduire des distorsions importantes dans l'analyse des difficultés actuelles des élèves.

Sont apparues comme allant de soi au départ les catégorisations par chapitre de la physique (optique, mécanique) ou même par grandeur ou couple de grandeurs (chaleur et température,...). Ce choix s'inscrit bien en particulier dans l'option «disciplinaire» quasiment constituante de la didactique, et qui répond à l'idée que le contenu spécifique du savoir est un élément décisif dans l'analyse des processus d'enseignement et d'apprentissage. Cependant, ce «contenu spécifique» est lui-même passible de plusieurs modes de structuration et de description selon qu'on s'intéresse au savoir de l'élève ou au savoir savant de la discipline, ou encore au savoir que le maître pense devoir transmettre, ou à la «pratique sociale de référence» (7) qui oriente l'enseignement. Les décalages qu'on observe entre ces savoirs ne respectent pas nécessairement les limites des chapitres de nos livres. Leur description peut amener à fixer d'autres unités que le concept dit «du physicien». Ainsi s'est peu à peu imposée l'idée que la pensée naturelle pouvait se manifester non seulement par des idées plus ou moins ponctuelles liées à un domaine de la physique (idée Bachelardienne de la parcellisation du savoir commun), mais aussi par des formes de raisonnements très typées se manifestant de manière transversale par rapport aux contenus. Le raisonnement «séquentiel» décrit plus loin par

J.L. Closset en est un exemple (8). Bref, le constat contribue à dégager des aspects du savoir (de «légitimité» plus ou moins questionnable) différents de ceux que l'on explicitait auparavant, ou de ceux sur lesquels on insistait. Ce nouveau balisage du savoir, accompagné de bribes d'une métrique des écarts entre savoirs de départ et savoirs visés, est bien plus qu'un constat : il est susceptible d'orienter de manière importante la spécification des buts de notre enseignement. En outre les outils du constat (bonnes unités d'analyse, rapprochements typés, etc.) fournissent, pour l'évaluation des innovations d'enseignement, des jalons pertinents.

Avant d'aborder ce qui concerne l'innovation, il faut remarquer que toutes les expériences relevant de cette rubrique, n'ont pas nécessairement été précédées d'une phase de constat aussi longue, détaillée, envahissante diront certains, que celles qui concernent les conceptions des élèves sur des contenus précis. Les chercheurs qui se sont centrés sur des aptitudes très générales telles que maîtrise des procédures de résolution de problèmes [11], ou modélisation des situations physiques [12] (9), ont construit plus rapidement, après bien sûr une prise de connaissance de travaux antérieurs, et ont affiné leur constat à travers l'évaluation de leurs premiers produits.

Ces innovations, il convient maintenant de les définir et de les évaluer : c'est bien là, qu'on attend, en fin de compte, la didactique. Mais les travaux sont, sur ce terrain, beaucoup plus rares, et leurs conclusions souvent circonspectes. L'explication est à trouver, on l'a dit, dans la difficulté de telles entreprises : difficultés intrinsèques, auxquelles se joint celle de perturber le programme établi dans les classes expérimentales. On trouve la trace de ces difficultés dans la réduction fréquente (mais non générale : voir note 5) de telles expériences à des séquences d'enseignement relativement courtes, portant sur peu de classes. Dans l'ensemble, les expériences d'intervention et d'évaluation se font dans un cadre très proche de l'enseignement habituel et sont très contraintes de ce point de vue.

De telles expériences amènent plusieurs apports :

– On y trouve, fondée à la fois sur des connaissances préalables relatives aux élèves et sur une exigence accrue de cohérence chez les promoteurs de l'innovation, une spécification aussi fouillée et complète que possible des éléments de l'intervention (10). La cohérence requise est évaluée selon les critères des chercheurs, certes, mais aussi en tenant compte des connaissances disponibles sur les élèves. Celles-ci sont essentielles, en particulier pour fixer une échelle de temps dans la progression proposée. Jusque là, rien de bien distinct a priori de ce qu'a prétendu faire toute instance réformatrice, sinon un degré dans l'exigence et la précision qui change la nature de l'entreprise. Ceci est rendu possible par la durée et la focalisation de l'investissement des chercheurs impliqués.

– La mise en œuvre et l'évaluation donnent, le plus souvent, une idée des difficultés respectives de différents buts assignés à l'intervention, dans la mesure où les uns sont atteints et les autres non. Il est rare que le succès soit total, simplement parce que ces séquences, établies à partir de constats circonstanciés, visent usuellement de vraies et profondes difficultés, rare également que l'échec soit total, toujours sur un terrain bien étudié préalablement.

– De plus, on obtient des informations qualitatives, par exemple sur la valeur démonstrative de telle expérience, les confusions engendrées par telle formulation, l'aspect plus ou moins motivant d'une question, et plus largement les démarches des élèves. Cela permet d'affiner ce que la réflexion préalable avait laissé de côté pour parvenir à plus de cohérence et d'efficacité dans la séquence, et contribuer à constituer un corpus de connaissances sur les processus didactiques.

– Ce qu'il est souvent difficile d'évaluer, c'est le coût global de l'innovation, ce qu'elle requiert et ce que l'on peut espérer sur les points cruciaux de la formation et de la motivation des maîtres, plus largement son degré de généralisabilité à d'autres classes, d'autres cadres d'enseignement.

– Un autre aspect pose problème : évaluer les acquis plus généraux des élèves à partir d'une expérience qui privilégie un contenu physique donné ; ainsi cette question : l'aptitude à la modélisation en général aura-t-elle progressé sensiblement après une séquence centrée sur l'émergence d'une grandeur physique donnée (voir plus loin l'article sur la modélisation des situations de choc) ? (Même question pour des essais d'apprentissage de la résolution de problèmes [13]). On peut le souhaiter et le supposer, il est plus difficile de le montrer. Il y a pourtant là un enjeu didactique considérable.

4. LES RÉSULTATS DE LA DIDACTIQUE... ET SES EFFETS

Ce tableau semble contraindre assez fortement la didactique, pour le moment, à une vraie modestie quant à ses apports à l'enseignement : importance et pertinence des constats, mais limitation, en nombre et en étendue du domaine conceptuel exploré, des innovations évaluées propres à guider l'avenir. On est, en particulier, loin des attentes de nombreux enseignants qui souhaiteraient des informations plus précises, sur un éventail conceptuel plus large, pour être plus efficace dans le cadre actuel de l'enseignement.

En rester là serait sous évaluer largement non pas tant les résultats que les effets, escomptables dès maintenant, de la recherche en didactique. Ces derniers sont tout simplement liés à l'existence des enseignants qui,

eux non plus, ne sont pas des réceptacles passifs de l'information didactique.

De cela, on se convainc facilement, ne serait-ce que devant certaines réactions de rejet ou d'interprétation personnelle : «cela, je le savais déjà...», ou bien : «cela, c'est simplement parce que...» entend-on parfois, en général chez ceux qui, ayant leur propre interprétation de «cela» - un fait considéré isolément - négligent de considérer les rapprochements nouveaux établis par la recherche. Ou bien, devant tel constat d'erreur ou de difficulté chez les élèves : «rien d'étonnant, vous leur avez tendu un piège», ce substantif désignant ici une vraie question inhabituelle (11).

Voilà donc pour certains aspects des réactions éventuelles suscitées par des résultats de recherche. Ils ne doivent pas faire oublier que ces réactions, globalement, sont un enjeu primordial de la didactique. De ce point de vue, même les constats portant sur la stabilité impressionnante de certains raisonnements erronés, accompagnés de nulle solution encore éprouvée ne doivent pas être compris comme une pure et simple raison de découragement : un enseignement averti, quoi qu'on en dise... Et surtout, deux enseignants avertis ont maintenant un terrain d'échange qui permet une distanciation appréciable. L'échec ou les difficultés ne sont plus ceux d'un individu (l'enseignant), mais un problème appelant la contribution de tous. D'ailleurs cette distanciation et cette collaboration s'inscrivent tout naturellement dans la composition souhaitable et fréquente (voir par exemple [7]) des équipes engagées dans les recherches, impliquant à la fois des enseignants travaillant dans leur propre cadre de travail, expérimentant avec leurs élèves, et d'autres chercheurs, éventuellement enseignants eux-mêmes, mais en tout cas extérieurs en tant que tels au cadre immédiat de l'expérimentation. L'implication de nombreux enseignants dans ce type de préoccupation, avec le recul, l'esprit critique et la maturation des idées qu'on peut espérer y voir associés, est un objectif au moins aussi important que la recherche de résultats expérimentaux plus étendus. Souhaitons que ce numéro spécial y contribue.

(1) On pourra consulter à ce propos l'article de J.-I.. Martinand [1].

(2) Pour une revue des travaux de didactiques de la physique de ces dernières années, voir par exemple l'article d'A. Tiberghien [2].

(3) On peut reprendre ici l'exemple invoqué dans un article déjà cité [5] : dans l'espèce humaine, taille des pieds et richesse du vocabulaire sont des facteurs corrélés, le seul lien de cause à effet envisageable sérieusement étant, bien sûr, celui qui relie chacun de ces deux facteurs... à l'âge adulte.

(4) Celles-ci sont parfois à considérer avec circonspection : la rationalité explicitée n'est pas toujours le reflet des mécanismes réellement à l'œuvre. Il arrive par

exemple que les élèves rationalisent une réponse intuitive par un enchaînement calculatoire distordu parce qu'en fait téléguédé.

(5) Cela n'est pas toujours le cas. Voir en particulier [6], [7].

(6) On pourra consulter par exemple, sur ce thème, le cours de A. Weil-Barais [8].

(7) Sur le contenu précis de cette notion, introduite par J-L- Martinand, on pourra consulter par exemple [1].

(8) Ce raisonnement consiste à analyser un système d'éléments en interactions mutuelles de proche en proche, et non globalement, en suivant un parcours linéaire où chaque élément n'intervient que pour modifier l'aval et non l'amont.

(9) Noter aussi une réflexion sur la définition de procédures de validation et de contrôle du résultat ou de la démonstration, non nécessairement suivi d'innovation formellement évaluée [13, 14, 15].

(10) C'est ainsi que pour deux essais d'enseignement de modélisation [12], les auteurs se sont fixés le programme suivant :

— «au plan épistémologique : construction détaillée et argumentée des modèles pouvant faire l'objet d'enseignement

— au plan psychologique : analyse des conduites d'élèves, analyse des opérations intellectuelles en jeu et des processus d'évolution

— au plan pédagogique : choix des actions didactiques (choix des situations, des questions et des guidages), élaboration d'un dispositif d'évaluation des acquisitions et des attitudes (résistances, acceptations,...).

(11) A ce propos il faut bien clarifier un point : il n'y a pas de conception, d'idée, de raisonnement... en physique et chimie qui existerait en soi dans un monde de la pensée non pollué par les questions que l'on se pose. Non seulement la forme de la question influence les raisonnements, mais elle en est quasiment constitutive. On ne saurait donc balayer du revers de la main des résultats dans ce domaine sous prétexte qu'ils sont attachés à une forme de questionnement.

RÉFÉRENCES

- [1] MARTINAND J.L., 1988, Quelques apports des recherches en didactique à l'enseignement des sciences physiques, B.U.P. n° 706, pp. 891-913.
- [2] TIBERGHEN A., 1985, Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique, Revue Française de Pédagogie n° 72, pp. 71-86.
- [3] VIENNOT L., 1989, Participation des enseignants aux difficultés de leurs élèves, document L.D.P.E.S., Université Paris 7.
- [4] The Nuffield Foundation, 1962..., Longmans, Green and Co. Ltd, ed., Londres. Harvard Project Physics, 1971, Holt, Rinehart, Winston Ltd, Montreal-Toronto.
- [5] SHULMAN L.S., 1988, Disciplines of inquiry in education, an overview, in R.M. Jaeger (ed.), Complementary methods for research in education. American Educational Research Association, Washington D.C.

- [6] TIBERGHIEU A., BARBOUX M., CHOMAT A., SERE M.G., 1984, Études des représentations préalables de quelques notions de sciences physiques et leur évolution chez les élèves de collège, rapport de recherche L.I.R.E.S.P.T.-I.N.R.P., Paris.
- [7] CHOMAT A., LARCHER C., MEHEUT M., 1988, Modèle particulière et activité de modélisation en classe de quatrième, ASTER n° 7 (I.N.R.P.), pp. 143-184.
- [8] WEIL BARAIS A., 1987, Manuel pratique de méthodologie pour la recherche en didactique des sciences expérimentales, publication L.I.R.E.S.P.T., Université Paris 7.
- [9] BENSEGHIR A., 1989, Transition électrostatique-électrocinétique : point de vue historique et analyse des difficultés des élèves, Thèse nouveau régime, Université Paris 7 (disponible au L.D.P.E.S.).
- [10] SALTIEL E., VIENNOT L., 1985, What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning of students. The many faces of teaching and learning mechanics, G.I.R.E.P., J.P. Lijnse ed., Utrecht.
- [11] CAILLOT M., CARRE A. et al., 1988, PROPHY : une méthode pour résoudre des problèmes de physique, publication L.I.R.E.S.P.T., Université Paris 7.
- [12] Enseignement et apprentissage de la modélisation, 1987; rapport de fin de contrat, resp. MARTINAND J.L. et CAILLOT M., L.I.R.E.S.P.T., Université Paris 7 et C.N.R.S. (UA 663).
- [13] CROS A. et groupe de réflexion, 1983, l'évaluation en classe terminale, B.U.P. n° 659, pp. 385-415.
- [14] SERRERO M., 1987, Critères de pertinence en sciences physiques, B.U.P. n° 699, pp. 1237-1249.
- [15] ARTIGUE M., MENIGAUX J., VIENNOT L., 1988. Questionnaires de travail sur les différentielles, I.R.E.M. et L.D.P.E.S., Université Paris 7.