

CONGRES DE L'UNION DES PHYSICIENS - REIMS, 1986

Quelques apports des recherches en didactique à l'enseignement des Sciences physiques

par Jean-Louis MARTINAND,
Université Paris-Sud.

En tant que recherche, la didactique de la physique se présente comme l'activité de physiciens qui s'intéressent à l'enseignement de leur discipline. Loin d'être une psychologie appliquée à l'apprentissage de la physique, on pourrait la définir comme une physique impliquée dans l'amélioration de l'enseignement.

De ce point de vue, on peut distinguer quatre grandes tendances :

- La reconstruction des contenus, lorsqu'elle est guidée par une exigence épistémologique.
- La conception, l'essai et l'évaluation de projets d'enseignements nouveaux, articulant de manière cohérente buts, contenus, activités et moyens.
- L'étude intensive des idées et des raisonnements des élèves pour mieux connaître leurs difficultés, mais aussi leurs possibilités dans l'apprentissage.
- L'évaluation extensive des compétences et des attitudes développées par l'enseignement.

Mais plutôt que de dresser un bilan fastidieux de ce qui se fait, j'exposerai de façon concrète d'une part les activités d'un laboratoire de didactique représentatif, le L.I.R.E.S.P.T. (Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'Enseignement des Sciences Physiques et de la Technologie) et d'autre part les recherches et résultats dans un domaine limité mais bien étudié, l'électrocinétique. Enfin, je présenterai quelques concepts mis au point pour penser les problèmes de didactique des sciences expérimentales : objectifs-obstacles, pratiques de référence et transposition didactique, modes d'activité didactique.

I. UN LABORATOIRE, LE L.I.R.E.S.P.T.

1.1. Petite histoire.

1.1.1. En 1971, la Commission de Renovation de l'Enseignement de la Physique et de la Technologie (« Commission Lagar-

rigue ») avait décidé la constitution d'un Groupe de Travail pour le Premier cycle (les Collèges) chargé de la conception, l'essai et l'évaluation de « modules » d'initiation aux Sciences et Techniques pour les classes de Quatrième et Troisième.

Les thèmes abordés ont été : astronomie, chimie, électronique, techniques de fabrication, automatismes, photographie, énergie. Chacun a été mis en œuvre par 25 enseignants dans 12 collèges avec 1 000 à 2 000 élèves par an. Responsable de l'orientation, des contenus, de la logistique (matériels, documents) et de l'évaluation, le Groupe de Travail a ainsi acquis une expérience incomparable sur toutes les composantes d'un projet d'enseignement. Cette expérience a été prolongée par des essais à plus petite échelle d'unités pour les classes de Sixième et Cinquième.

Après la fin de la Commission Lagarrigue (1977), des activités de conception et de réalisation ne se sont plus centrées sur des thèmes mais sur :

- la rédaction d'une collection de manuels pour les collèges (1976-1980),
- la production de nouveaux problèmes de physique et chimie pour le lycée,
- la mise au point d'un petit matériel de chimie.

Pour ne prendre qu'un exemple, la conception tout à fait originale des manuels s'est attachée à :

- * distinguer manuels élèves et guides du maître (un pour chaque niveau, le guide du maître ayant en gros deux fois plus de pages),
- * trouver une solution aux antagonismes entre le manuel et le maître (qui décide de l'ordre et du contenu ?), et entre le manuel et les activités expérimentales (pourquoi faire avec risques ce qui est si bien décrit ?),
- * différencier et promouvoir des activités sur documents, comme la collecte de données ou l'organisation du savoir.

1.1.2. A partir de 1973, le Groupe de Travail, composé d'un noyau d'universitaires et de professeurs de lycée de 15 à 20 personnes, s'est transformé en Laboratoire de Paris VII et Paris XI, bientôt associé au C.N.R.S., et responsable d'un D.E.A. dès 1975.

Le motif de cette évolution est le développement de travaux plus précis et plus exigeants dont l'origine est à situer dans les problèmes posés par l'évaluation des « modules » de 1971-1977. Il s'agissait en effet de s'affranchir des critères stéréotypés que nous employons habituellement. Dans ce but, un séminaire a été tenu pour acquérir la maîtrise des techniques empruntées à la

psychologie et formuler de façon précise les buts et les critères d'évaluation.

Rapidement, les « chercheurs » du laboratoire se sont intéressés aux idées des élèves sur les objets et phénomènes, comme l'électricité ou la lumière. Oublieux de leur enfance, les physiciens sont en effet souvent étonnés du fait que les notions, descriptions et explications de leur science ne sont pas si facilement accessibles, en particulier parce que les enfants ou les adultes ont construit d'autres représentations des choses. Des psychologues comme PIAGET et son école avaient déjà étudié ces questions, mais trop loin du contexte scolaire et des savoirs scientifiques qu'on veut y enseigner. Des études empiriques étaient donc nécessaires.

Enfin, des exigences théoriques sont aussi apparues, afin de se donner les moyens de penser ce qui se passait dans les essais de projets, et en particulier de faire ressortir la signification des décisions.

1.2. **Thèmes actuels.**

A l'heure actuelle, les grands thèmes de travail du laboratoire dans le domaine de la didactique de la physique sont le problème de physique, l'enseignement des modèles scientifiques, et la physique assistée par ordinateur.

Avec le « problème de physique », il s'agit d'une part de mieux comprendre comment l'élève raisonne, dans sa différence avec le professeur ou le chercheur, et d'autre part de concevoir un enseignement de la résolution de problème (on pardonnera le néologisme, pour mettre en valeur le processus). Ces travaux associent des didacticiens avec des psychologues de la connaissance et parfois des spécialistes d'intelligence artificielle : ils constituent un courant important dans le monde avec des chercheurs comme Herbert SIMON, Frederick REIF, Malcom FRAZER. Au laboratoire, un groupe travaille surtout à propos de problèmes de dynamique.

Les recherches sur l'enseignement des modèles scientifiques visent à répondre de manière circonstanciée à deux préoccupations :

- * Construire des modèles scientifiques, est-ce possible, dans quel cas, comment ?
- * Pour s'approprier des modèles fondamentaux, quelles sont les conditions ?

Dans les deux cas, il y a pour les élèves des obstacles à franchir : il leur faut changer de point de vue. Par exemple, ils doivent

faire des hypothèses, passer d'une perception des propriétés des choses à une représentation en termes de systèmes et d'interaction, relier des modèles construits aux phénomènes observables. Pour approfondir ces questions, nous avons choisi des domaines assez contrastés, car nous souhaitons savoir s'il y a quelques « invariants » dans les conditions d'accès au modèle. Ces domaines sont la structure particulière de la matière, les concepts de force et de quantité de mouvement, l'électronique élémentaire.

Mettre l'accent sur la « physique assistée par ordinateur » résulte de la décision de ne s'occuper que de ce qui correspond à des usages réels de l'ordinateur en physique : solutions numériques, traitements de données expérimentales, simulation, manipulations d'espaces de représentation. Dans cet esprit, une étude cherche à parcourir tout l'espace qui existe entre des programmes donnés (par exemple dynamique de D.E.U.G.) et des résultats pouvant intéresser des industriels.

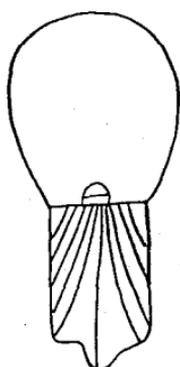
Il y a aussi dans le laboratoire d'autres directions de travail que je ne veux que signaler ici : conceptions de la réaction chimique, rôle des travaux pratiques de chimie, sciences physiques et technologie à l'école primaire, évaluation de l'opération « Passeport pour la recherche » (évolution de l'image de la science, de la recherche et des chercheurs chez des élèves de Première ayant fait un tour de France des laboratoires pendant une semaine).

II. UN DOMAINE, L'ELECTROCINETIQUE.

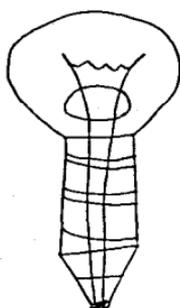
Après avoir examiné les grandes lignes des activités de recherche et d'innovation d'un laboratoire de didactique, je voudrais éclairer d'une autre façon l'objet « didactique de la physique » en exposant quelques résultats et interrogations à propos de l'électrocinétique.

2.1. Des travaux déjà anciens avec des élèves d'école primaire et de collège avaient bien mis en évidence les différences entre les manières de voir les objets et systèmes électriques par les enfants et les physiciens : les traits importants ne sont pas les mêmes, comme on le voit bien avec des dessins d'ampoules électriques (planche I), de circuits complets pile-ampoule (planche II).

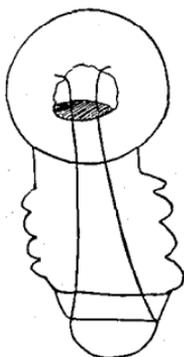
En même temps (planche II), on voit se manifester des représentations fausses, alors même que la réussite pour allumer l'ampoule a été atteinte, et des « modèles » erronés pour le circuit et le courant. Ainsi la planche III montre des dessins correspondant à des modèles où l'idée de base est que la source est consommée. Et la planche IV montre quelques autres modèles enfantins plus ou moins complexes. Les modèles fondés sur l'idée d'atténuation du courant se révèlent assez persistants.



19



20



21



22

PLANCHE I

2.2. Une étude extensive effectuée sur 1065 élèves et étudiants à différents niveaux de l'enseignement (Sixième avant et après enseignement, Quatrième avant et après, Seconde avant et après, D.E.U.G. sciences 1^{re} et 2^e années, licence et Maîtrise de physique) attire fortement notre attention sur ces erreurs de compréhension (J.-J. DUPIN, S. JOHNSA, 1986). Ils ont récolté un ensemble de réponses à des questions s'intéressant, à propos de différents montages, à des problèmes du type suivant :

- y a-t-il un courant, y a-t-il une tension ?
- y a-t-il consommation d'énergie ? de courant ?
- la pile fonctionne-t-elle comme générateur de courant ? de tension ?
- que se passe-t-il lorsqu'on fait une dérivation ?

Les planches V à VIII montrent les résultats obtenus.

Manifestement, les élèves et étudiants raisonnent jusqu'à un âge et un niveau avancés de manière locale (et non pour l'ensemble du circuit), attribuant à chaque élément des propriétés intrinsèques et non relatives aux autres, et en privilégiant la grandeur courant. De très nombreuses études étrangères corroborent ces résultats.

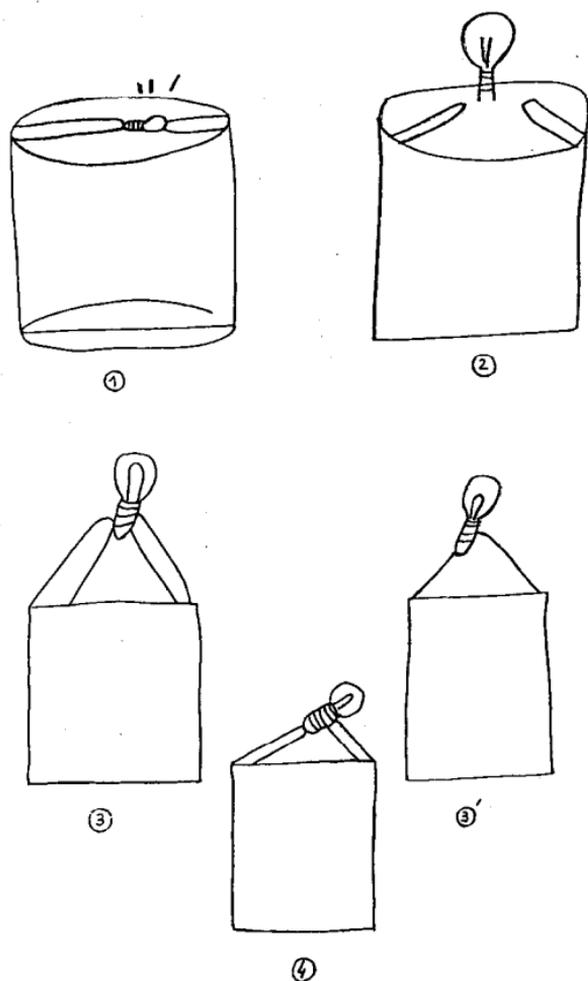
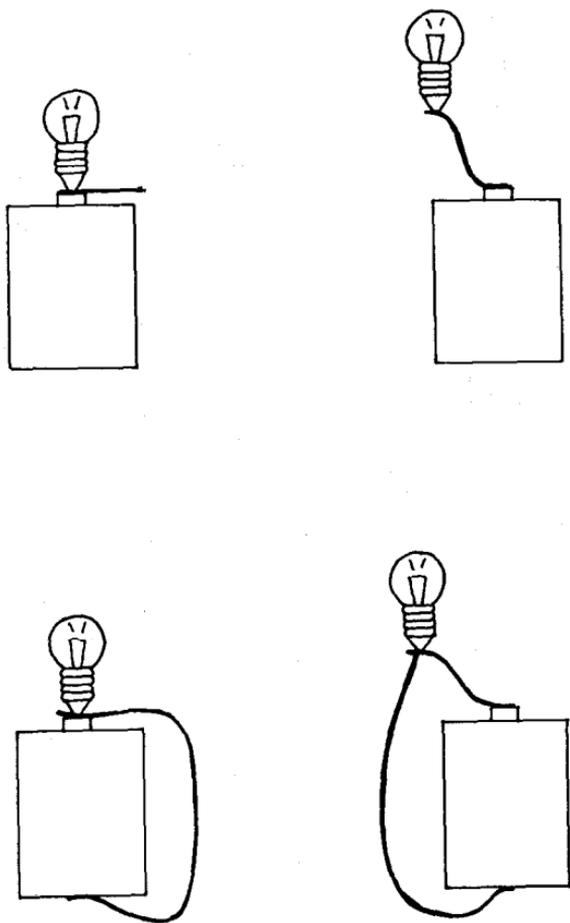


PLANCHE II

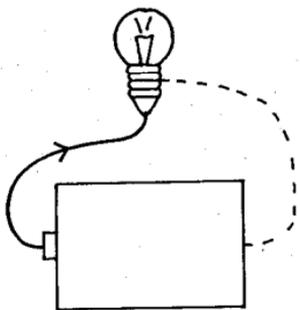
2.3. Une idée fondamentale émerge de tels travaux : interpréter les erreurs, trouver leur origine et aider à leur correction, sont des buts prioritaires de la didactique. Dans cette perspective, une recherche récente de simulation de raisonnements d'élèves, utilisant les ressources de l'intelligence artificielle (systèmes



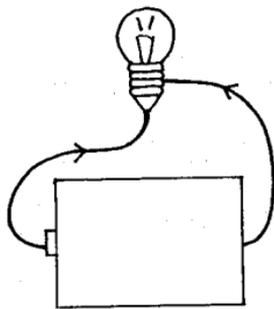
IDÉE : LA SOURCE EST « CONSOMMÉE ».

PLANCHE III

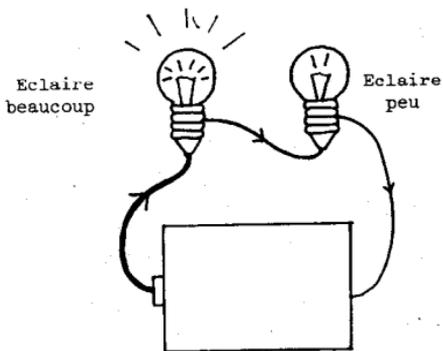
« MODÈLES » DU COURANT.



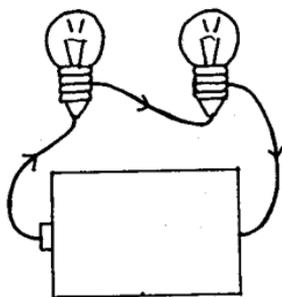
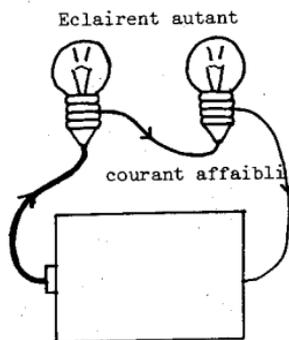
Courant unipolaire



Courants antagonistes



Courant atténué



Même courant

Y A-T-IL UN COURANT ? Y A-T-IL UNE TENSION ?

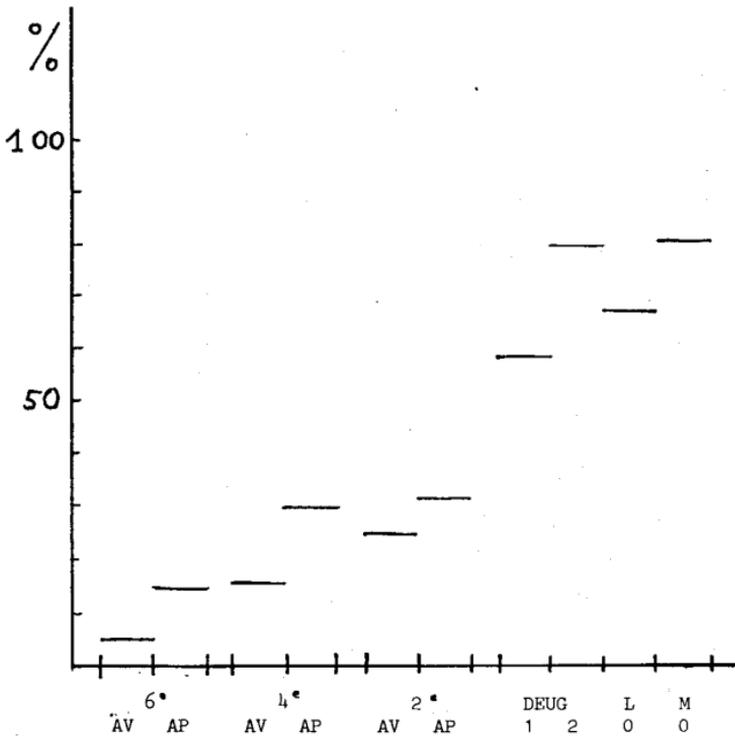
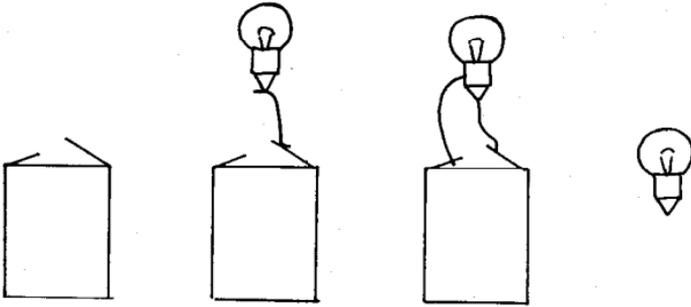


PLANCHE V

CONSUMMATION : ÉNERGIE ?

COURANT ?

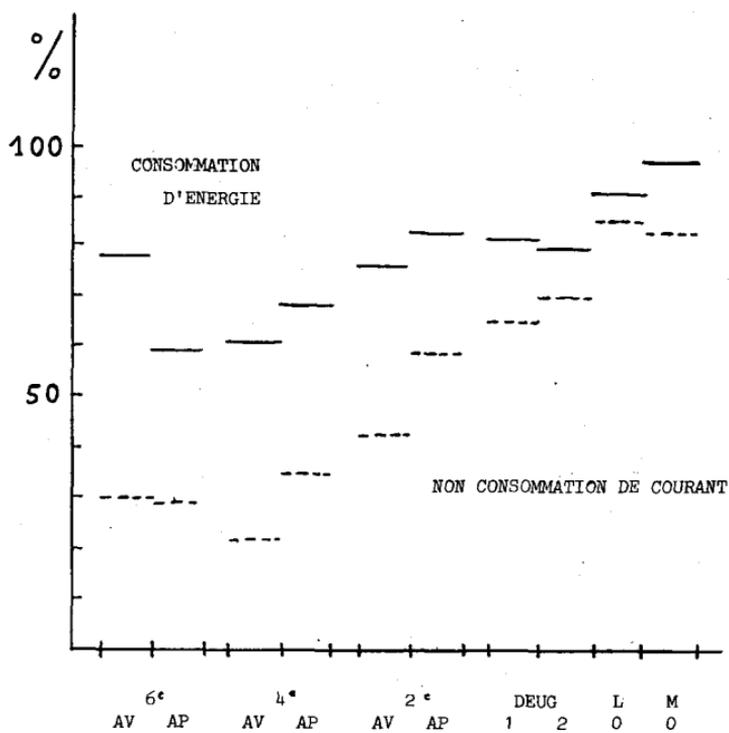


PLANCHE VI

LA PILE :

— GÉNÉRATEUR DE COURANT ?

— GÉNÉRATEUR DE TENSION ?

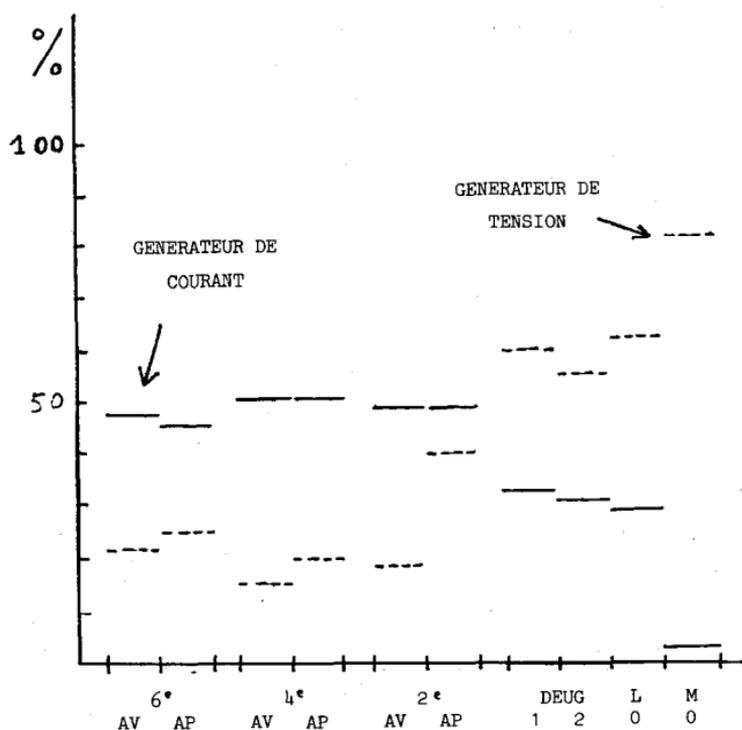


PLANCHE VII

experts) peut être signalés ici (M. CAILLOT, 1987). Il s'agit de reproduire par un jeu de « règles de production » des comportements aussi bien erronés que pertinents.

Il n'était pas évident *a priori* qu'on puisse ainsi simuler l'erreur comme on reproduit l'« expertise ». Mais actuellement on peut le faire assez bien sur des interprétations de circuits simples du type de la fig. 1. Ici, de très nombreux novices pensent que les résistances R_1 et R_2 sont en série : ils sont trompés par les apparences du dessin (les « traits de surfaces » de la représentation graphique).

Mais il y a des cas où cela « marche » (fig. 2 a). Très souvent, cela correspond à des circuits ou situations « prototypes » enseignés très tôt. On peut alors simuler l'interprétation de l'élève

DÉRIVATION

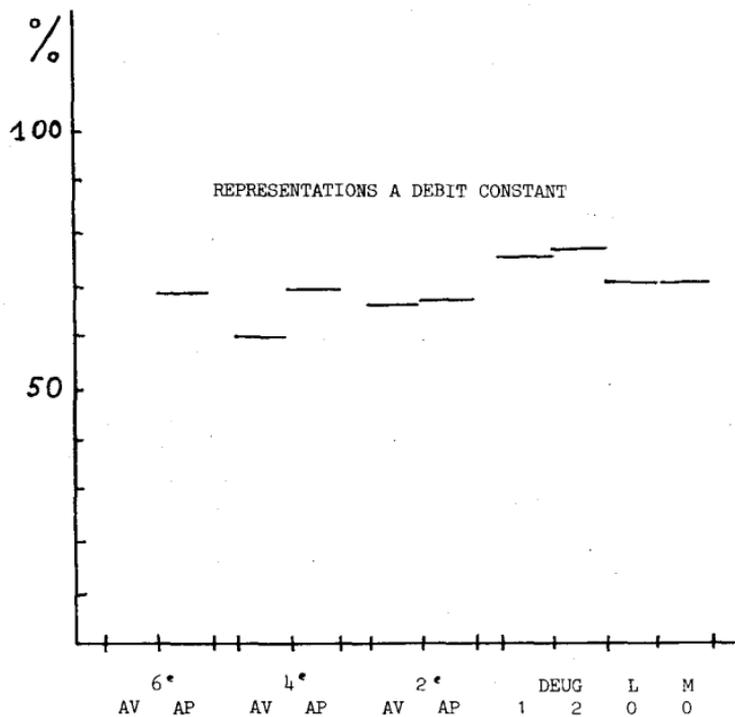
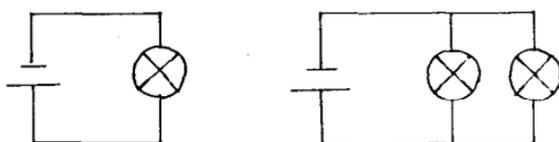


PLANCHE VIII

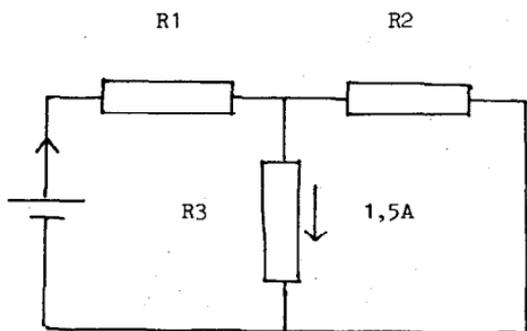


Fig. 1

avec les règles P_1 et P_2 , qui « expliquent » la réussite en 2 a et l'erreur en 2 b.

Pour traiter des cas plus complexes, il faut passer des prototypes à des « schémas » qui représentent des connaissances plus générales et qui, évidemment, doivent avoir des représentations plus abstraites. La fig. 3 montre un tel passage.

Pour un niveau supérieur de complexité, on constate que les élèves mettent en œuvre des « heuristiques » du type :

- revenir à une situation connue,
- analyser en sous-problèmes.

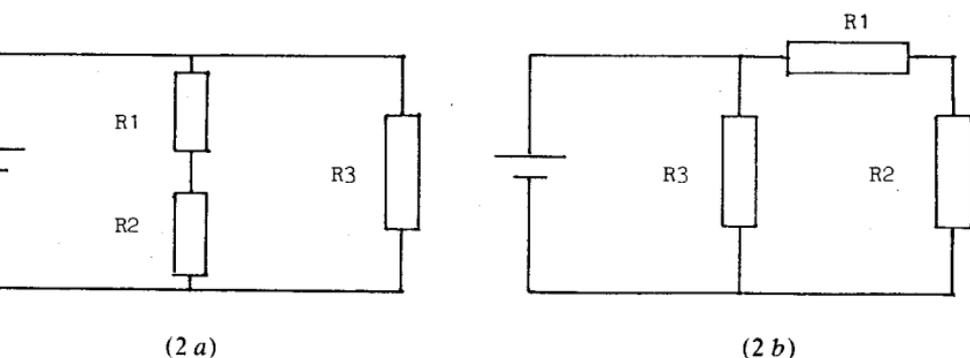


Fig. 2

P_1 — SI un pôle d'un résistor R_1 est connecté à un pôle d'un résistor R_2 ,

ET SI R_1 et R_2 sont alignés dans le diagramme du circuit,

ALORS R_1 et R_2 sont « en série » de manière « prototypique ».

P_2 — SI deux résistors sont en connexion « série prototypique »,

ALORS le courant est le même en tout point de la ligne droite formée par le fil et les deux résistors.

Ainsi les erreurs d'étudiants dans la fig. 1 se simulent bien avec la règle :

H_1 - SI trois résistors ont une disposition en T,

ALORS ignorer la jonction et la nouvelle verticale au milieu du circuit.

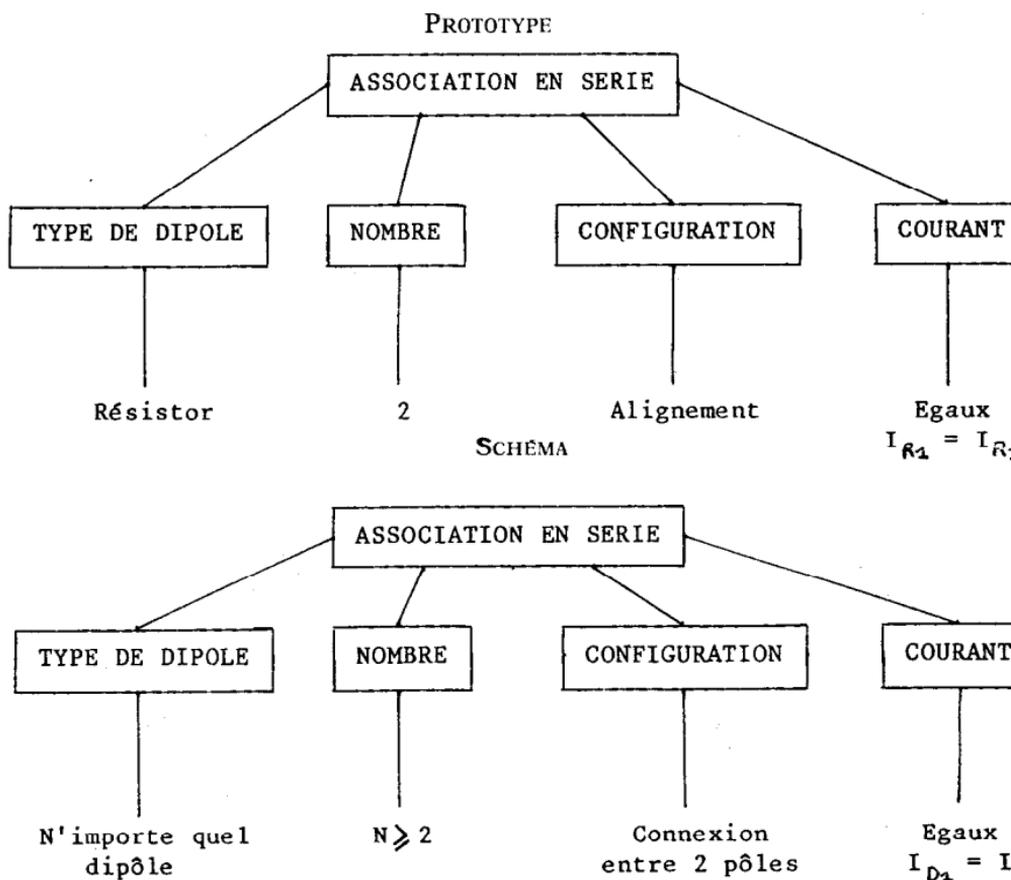
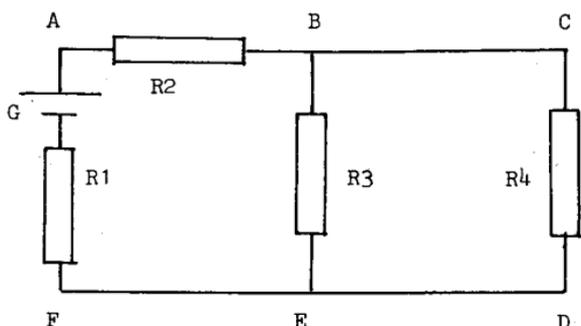


Fig. 3

Et les erreurs à propos de la situation de la fig. 4 par :

H₂ - SI il y a un générateur dans une maille entre deux résistors,
ALORS enlever le générateur.



Si $V_{AG} = 8 \text{ V}$ $V_{AB} = 2 \text{ V}$ $V_{CP} = 5 \text{ V}$
combien vaut V_{FG} ?

Fig. 4

Enfin des stratégies habituelles ordonnent l'application des règles précédentes conformément à un « principe d'économie intellectuelle » :

- 1 - application de connaissances prototypiques,
- 2 - application de connaissances schématiques,
- 3 - application de connaissances heuristiques.

La possibilité d'une telle simulation de non-expertise donne du poids à l'idée en réalité très neuve que beaucoup d'erreurs sont profondes et non accidentelles. L'inattention n'est pas une explication suffisante.

2.4. L'état actuel de la recherche didactique à propos de l'électrocinétique est intéressant du point de vue épistémologique. Bien sûr, le domaine est ridiculement restreint, mais c'est aujourd'hui le seul où les travaux se recoupent les uns les autres, conférant un statut scientifique aux recherches. La méthodologie utilisée pour accroître la connaissance sur les élèves a permis des avancées fiables.

En même temps, on doit constater une impuissance dans l'application de tels travaux pour l'enseignement. On sait, empiriquement, et par confirmation « scientifique » que les notions de circuits simples d'objets (pile, fils, ampoules, moteur), puis de circuits de courant sont aisément accessibles dès l'école primaire. Les problèmes commencent lorsqu'on veut introduire la tension. Or, aucune solution satisfaisante n'a jusqu'à présent été trouvée dans le prolongement de ces recherches expérimentales visant une meilleure connaissance des élèves.

Il faut sans doute sortir de ce type de recherche pour avancer en mettant en œuvre un processus de conception - essai - évaluation analogue à un projet d'ingénieur. Le problème, problème d'enseignement et non de psychologie, est en effet le suivant : quel contenu donner au « palier » qui suit l'introduction du circuit de courant, à quel moment doit-il se situer, quels moyens doivent être réunis ?

On peut penser que deux types d'obstacles doivent être surmontés dans le même processus :

- construire et coordonner plusieurs grandeurs, I et V sûrement, mais aussi certains aspects de l'énergie et de la puissance,
- passer d'une appréhension par composants et propriétés à une conception systématique, articulant aspects globaux et locaux des circuits.

Pour avancer, il semble donc nécessaire :

- de reconnaître que la recherche de la continuité dans l'apprentissage de l'électricité du CM à la Terminale est une impasse,
- d'inventer ce nouveau palier dans son ensemble et non par juxtaposition d'éléments déjà bien assurés,
- de faire des essais systématiques et variés pour déterminer les conditions de réussite.

Il s'agit alors d'une recherche qui vise avant tout la décision. Mais d'autres questions apparaissent alors. En effet, les recherches sur les conceptions des élèves et leur simulation débouchent sur des éléments de diagnostic. Cependant, rien actuellement, ne donne un guide pour l'aide à l'élève et il n'est même pas évident que l'analogie thérapeutique, fortement induite par la reconnaissance de l'importance des erreurs, soit adaptée aux processus d'apprentissage scolaires. Il n'est pas évident qu'il faille traiter un élève qui se trompe comme on prescrit des remèdes à un malade. Des hypothèses doivent être faites sur l'aide à l'élève et étudiées pour elles-mêmes. Or la formulation de telles hypothèses implique des concepts nouveaux.

III. DES CONCEPTS POUR PENSER.

Il ne peut être question ici de donner un panorama de tous les concepts importés ou élaborés par la didactique. Je me bornerai à présenter quelques remarques sur les objectifs, la transposition didactique, et les modes d'activité didactique.

3.1. A propos des objectifs.

La question des objectifs a fait l'objet de travaux nombreux et anciens en Sciences de l'Éducation : il s'agit en effet de définir précisément les résultats attendus de l'enseignement pour permettre la conception et l'évaluation des programmes.

Les acquis peuvent être résumés ainsi : pour orienter l'enseignement et assurer un contrôle objectif des « produits », il faut passer des intentions vagues exprimant ce que le professeur a envie de traiter, à l'explicitation de ce que l'élève doit être capable de faire. Autrement dit, il faut abandonner le point de vue centré sur le maître ou la matière d'enseignement pour se centrer sur l'activité observable de l'élève, signe d'une capacité atteinte. C'est la notion d'objectif « opérationnel » dont les cours programmés font grand usage et qu'il faut donc distinguer des sujets d'études et des activités d'apprentissage.

On doit cependant reconnaître l'échec de ces objectifs opérationnels qui ne sont pas réellement utilisés par les enseignants.

La raison en est que leur conception a négligé les relations entre buts/objectifs/contenus/démarches en faisant comme si les buts et les objectifs étaient toujours premiers et indépendants des contenus et des démarches. En fait, l'enseignant ne part en général pas de rien : il a des habitudes pédagogiques, des manuels, etc. Les listes interminables et pointillistes d'objectifs opérationnels lui apportent un secours encombrant qui n'apparaît pas comme indispensable.

Aussi est-il sans doute nécessaire de refondre la conception des objectifs afin de les rendre utilisables. En science, il faut des objectifs : 1) scientifiquement intéressants et 2) pédagogiquement utiles. Ceci peut être obtenu grâce aux trois propositions suivantes :

- 1) Exprimer les objectifs en termes d' « obstacles franchissables ». Ceci suppose d'une part qu'à un moment donné de l'apprentissage, et dans des conditions données, il existe un nombre limité de progrès possibles, et significatifs, et d'autre part que ces progrès correspondent à des obstacles fondamentaux qu'on puisse caractériser sur le plan des connaissances, des méthodes, des savoir-faire ou des attitudes. Si tel est le cas, les objectifs ne peuvent pas être définis *a priori* par des « experts », mais doivent faire l'objet de recherches épistémologiques, psychologiques, et pédagogiques.
- 2) Distinguer des objectifs, qui localisent les obstacles et indiquent au maître là où doivent se porter ses efforts, et des indicateurs qui sont des « outils » pour évaluer objectivement. Ceci doit permettre d'alléger de façon très importante les listes d'objectifs.
- 3) Elaborer les objectifs avec les utilisateurs eux-mêmes.

Ces trois propositions ont pu être mises à l'épreuve lors d'essais d'un projet d'enseignement de la technologie. Il est apparu alors que les objectifs sont utilisés :

- un peu pour la préparation d'ensembles du cours,
- pratiquement pas pour préparer une séance (c'est un contenu présenté ou une activité d'élève qui sont fixés),
- mais beaucoup pour observer et intervenir en séance (aide aux élèves individuels ou en groupe) et pour évaluer les acquis, à condition bien sûr que les objectifs soient peu nombreux, les indicateurs précis, et les indications fournies non incluses dans les buts généraux, les documents sur les contenus ou les descriptions de démarches. Les « objectifs-obstacles » satisfont bien à ces conditions.

Il semble donc que les objectifs-obstacles puissent fournir à tous les niveaux de l'enseignement une aide précieuse aux ensei-

gnants. Ils sont aussi un débouché de la recherche didactique sur les conceptions et les raisonnements des élèves.

3.2. La notion de transposition didactique.

La notion de transposition didactique a été proposée par Yves CHEVALLARD à propos du concept de distance dans les programmes de mathématiques de Quatrième. Il a étudié en détail la chaîne de transformations subie par le concept attaché à ce terme depuis le savoir produit par le scientifique — en l'occurrence FRÉCHET — jusqu'au savoir enseigné.

Objet de savoir (scientifique) → Objet à enseigner (programme) ...
... → Objet enseigné (scolaire).

Dans ce cas extrême, on peut parler de dénaturation puisque pour FRÉCHET il s'agit de « mesurer » la « similitude » de fonctions, dans le cadre de l'analyse fonctionnelle, alors que les programmes de Quatrième de 1971 s'intéressent à la distance entre points dans le cadre de la géométrie (le terme correspond donc à l'usage courant du mot distance).

Généralisant ses analyses, CHEVALLARD insiste sur trois aspects de cette transposition didactique :

- la spécificité de la construction didactique, reconstruction et non adaptation simplificatrice du savoir,
- l'hétérogénéité de cette construction par rapport aux pratiques scientifiques,
- son irréductibilité aux genèses historiques ; le savoir enseigné n'est pas la reproduction d'un savoir passé.

Il est intéressant de réfléchir à un exemple de physique : prenons les chapitres sur l'effet photoélectrique dans de nombreux manuels de terminales des années 1960-1970. L'exposé est construit de la manière suivante : 1) il y a des lois expérimentales - 2) ces lois ont été expliquées par EINSTEIN. Il est donc très fortement suggéré qu'il s'agit d'un ordre historique exemplaire de la démarche scientifique.

Malheureusement, s'il est vrai que certaines lois expérimentales étaient connues en 1900, la fameuse loi d'EINSTEIN, proposée en 1905 dans un article significativement intitulé « Sur un point de vue heuristique à propos de la lumière » (et non « A propos de l'effet photoélectrique » !) a été péniblement vérifiée par MILLIKAN en 1916. Il faut s'interroger sur les motifs, sans doute inconscients mais profonds, d'une telle attitude vis-à-vis de l'histoire.

On peut, bien sûr, exposer en 1987 l'effet photoélectrique sans références historiques. Mais faire référence à l'histoire, c'est

avoir des vues sur la démarche de la recherche, c'est traduire dans la pédagogie une conception épistémologique. Il est manifeste que l'épistémologie commune de l'enseignement de la physique se rattache à un positivisme empiriste. On ne peut être plus éloigné de la pratique scientifique d'EINSTEIN ! La notion de transposition didactique appelle donc à une grande vigilance critique.

Cependant, parce qu'elle s'intéresse au seul savoir, la notion de transposition didactique proposée par CHEVALLARD est d'un impact trop limité pour les sciences expérimentales. En effet, le problème est celui des activités scolaires dans leur ensemble : savoirs, bien sûr, mais aussi problèmes, moyens (matériels et intellectuels), rôles des acteurs impliqués dans les activités. Les activités scientifiques scolaires n'ont de raison d'être que si elles peuvent se présenter comme des images d'activités sociales adultes.

J'ai proposé d'appeler pratiques de référence les activités sociales dont on veut donner une image. Communément, on pense seulement à la recherche scientifique, mais il existe de nombreuses autres pratiques de référence possibles impliquant « de la physique » : ingénierie, production, transport et distribution, activités productrices, récréatives ou culturelles privées, activités civiques. Contrairement au discours autojustificatif sur l'enseignement, il ne paraît pas possible de prendre au même moment plus d'une référence : les choix de problèmes typiques, de moyens, de champs d'application, sans doute même les modalités de fonctionnement du savoir ne sont pas les mêmes.

La notion de pratique de référence attire donc l'attention sur les aspects suivants de la transposition didactique, prise maintenant en un sens plus large — le passage des pratiques de référence aux activités scolaires :

- Il y a plusieurs références possibles entre lesquelles il faut faire des choix (c'est un problème politique et non didactique).
- Il faut examiner les conséquences et les implications de ces choix, les problèmes de cohérence qui en découlent (par exemple, cohérence problèmes/matériels/activités).
- L'enseignement a toujours tendance à s'enfermer dans l'auto-référence.
- Les distinctions entre abstrait/concret, simple/complexe, familier/insolite, etc. n'ont de sens que dans le cadre d'un choix de pratique de référence.
- La formation professionnelle des maîtres doit aboutir à une double compétence :
 - 1) dans ou à propos d'une ou plusieurs pratiques de référence (et il y a beaucoup de questions à se poser sur la

nature de la compétence réelle des enseignants formés actuellement),

- 2) dans la conduite des activités scolaires, ce qui implique la maîtrise de la transposition didactique comme construction consciente et systématique, à côté de la maîtrise de la gestion des moyens, du temps, des relations dans la classe.

3.3. La notion de mode d'activité didactique.

Il y a de multiples façons d'organiser et de conduire les activités scolaires et il est raisonnable de penser qu'aucune n'est définitivement meilleure qu'une autre. Mais leur mélange est désastreux pour les enfants ; il est donc nécessaire de clarifier les « modèles d'enseignement ». Dans les vingt dernières années, ce problème a été abordé dans deux contextes privilégiés : la formation des adultes et les activités scientifiques à l'école primaire. Le développement de l'Enseignement Assisté par Ordinateur (construction des « dialogues ») est conditionné par les progrès de cette réflexion.

Les recherches psychologiques et didactiques sur les conceptions et les raisonnements ont montré que c'est l'élève qui construit lui-même son savoir ou qu'il s'approprie un savoir existant en le reconstruisant. A l'échelle de l'individu, la « transmission du savoir » n'existe pas, elle n'a de sens qu'à l'échelle sociale, d'une génération à l'autre, ou à l'intérieur d'une génération ou d'un groupe social. Une tâche en découle : concevoir des activités qui privilégient la résolution de problème par les élèves en situation d'autonomie.

Une telle démarche présentée dans le tableau I a été proposée pour les activités d'éveil scientifiques. Le tableau met l'accent sur les phases difficiles et essentielles (formulation de problème et organisation des acquis), nécessaires pour que le travail autonome soit possible et productif. De multiples essais dans les années 1970 ont montré qu'un tel modèle est praticable à l'école primaire où la gestion du temps est souple.

Mais rapidement est apparu le besoin d'un modèle plus complexe qui serve à décrire objectivement les pratiques réelles des maîtres, et qui fasse apparaître la place d'autres modalités d'enseignement - apprentissage qui existent ou qui manquent, mais qui, de toutes façons, doivent être suffisamment bien caractérisées pour que l'enseignant puisse jouer son rôle.

Ces différentes modalités apparaissent dans le tableau II où l'on s'est efforcé de préciser pour chaque type d'activités le type d'apprentissage correspondant et le style d'intervention du maître compatible. Il est très intéressant de constater qu'on débouche alors sur un modèle très proche de celui proposé par M. LESNE

DEMARCHE

ETAPES	ACTIVITES
<p>A partir de difficultés rencontrées dans une situation vécue, de questions d'enfants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - formuler collectivement un <u>problème</u> - expliciter un <u>projet</u> de réalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploration, évènement - Entretien, confrontation - Le maître oriente le travail vers un problème ou un projet (étape plus ou moins longue)
<p><u>Recherche</u> des éléments de réponse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Observation, expérimentation, analyse de documents - <u>Travail autonome</u> (groupe) - Présentation à la classe, critique
<p><u>Expliciter</u>, généraliser, <u>organiser</u>, appliquer, contrôler les acquis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien pour s'assurer que les objectifs sont atteints - Traces des activités - Autres situations pour contrôler

Tableau I

pour la formation des adultes à partir d'un point de vue sociologique. L'étude de ces problèmes se prolonge par des travaux actuels sur les « coutumes » et « contrats » didactiques.

J'espère avoir, dans ce bref panorama, rassemblé assez d'éléments pour avoir fait comprendre en quoi peut consister la recherche didactique en physique, ... car tout n'est pas de la recherche didactique. Trois critères et trois fonctions me paraissent devoir être satisfaits pour parler de recherche didactique :

- Ouvrir des possibles - fonction d'invention.
- Prendre du recul pour comprendre le sens des processus d'enseignement et d'apprentissage - fonction critique.
- Apporter des preuves - fonction de validation.

ACTIVITES	FORMES D'APPRENTISSAGE	STYLE PEDAGOGIQUE	SEQUENCES DE CLASSE
FONCTIONNELLES	APPRENTISSAGES "SPONTANES"	INCITATIF A l'écoute des besoins	ACTIVITES AUTOGEREES jeux etc.
INVESTIGATION	APPRENTISSAGES "IMPLIQUES" Pour les élèves, le problème est "ouvert"	INTERACTIF Observer Relancer Conseiller Pour l'enseignant, le problème est "ouvert" ou "fermé"	RESOLUTION DE PROBLEME - Formulation ou appropriation du problème - Recherche de réponse - Explication Réorganisation des savoirs
APPROPRIATION	APPRENTISSAGES DIRIGES	PRESCRIPTIF Montrer Rectifier Contrôles	EXPLORATION DES CONTENUS (par sujets) CAPITALISATION DES COMPETENCES (par objectifs) Exercices systématiques

Tableau II

Mais il y a des niveaux, et des types différents de recherche :

- Etablissement ou adaptation de curriculums.
- Etude de processus de pensée, d'apprentissage, d'enseignement.

Dans le premier cas, la visée est avant tout d'aide à la décision, et apparente la didactique à la technologie ; dans le second, la visée est de connaissance.

Dans tous les cas, il y a une spécificité qui distingue les didacticiens des autres chercheurs en éducation : c'est la « responsabilité par rapport aux contenus d'enseignement ».

Pour aller plus loin :

BIBLIOGRAPHIE

- Y. CHEVALLARD. — *La transposition didactique*, La Pensée sauvage, 1985.
- R. DRIVER, E. GUESNE, A. TIBERGHEN. — *Children's Ideas in Science*, Open University Press, 1985.
- M. LESNE. — *Travail pédagogique et formation d'adultes*, P.U.F., 1977.
- J.-L. MARTINAND. — *Connaitre et transformer la matière, des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*, Berne, Peter Lang, 1986.
- A. TIBERGHEN. — Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique, *Revue Française de Pédagogie*, N° 72, 1985, p. 71-86.
- L. VIENNOT. — *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Hermann, 1979.
- Recherche en didactique de la physique*. — Les Actes du premier Atelier international, Ed. du C.N.R.S., 1983.
- B.U.P. 1984-1987.*
- N° 666 — MÉHEUT, SALTIEL, TIBERGHEN. — Combustions 6^e.
SÉRÉ, CHOMAT. — Seringues 6^e.
- N° 670 — VIOUVY. — Chimie et éducation.
- N° 683 — MÉNIGAUX. — Schématisation des interactions 3^e.
DUPIN, JOSHUA. — Electrocinétique du collège à l'université.
- N° 685 — LERCHER, CARRÉ. — Evaluation des acquisitions des élèves.
- N° 686 — FAWAZ, VIENNOT. — Image optique et vision 1^{re} Liban.
- N° 690 — VAUTREY, ALÉMANNI, MARTINAND. — Horizontalité et verticalité à l'école primaire.
- Informatique et pédagogie des Sciences physiques*, I.N.R.P., 1986.
- DUREY, JOURNEAUX. — Apport des recherches en didactique.
- CAILLOT. — L'intelligence artificielle au service de l'enseignement des Sciences physiques.
-