

Recherche en didactique et nouveaux programmes d'enseignement : convergences

Exemple du programme de physique de quatrième (grade 8) 1993, en France

Laurence VIENNOT

Université Paris 7
Laboratoire de Didactique de la Physique
dans l'Enseignement Supérieur
Tour 24 - 2 Place Jussieu
75251 Paris cedex 05 case 7021

Résumé

Les choix didactiques manifestés par les textes des nouveaux programmes français rejoignent, par certains aspects, des points de vue et résultats de recherche didactique.

On discute ici, essentiellement à propos du programme d'optique de quatrième, les objectifs, le rôle assigné à l'expérience, et la progression conceptuelle. Celle-ci traduit une prise en compte simultanée de l'analyse du contenu conceptuel et des résultats de recherche sur les raisonnements communs.

Mots clés : *curriculum, expérience, raisonnement commun, lumière, vision.*

Abstract

Recent texts defining and accompanying new french syllabuses meet some viewpoints and results of research in science education. The example of optics at grade 8 is discussed along the following lines : pedagogical goals, role ascribed to practical activities, concepts, and common reasonings.

Key words: *curriculum, practical work, common reasoning, light, vision.*

INTRODUCTION

L'enseignement secondaire français est en chantier. En 1990, des groupes techniques disciplinaires (GTD) ont été nommés pour cinq ans avec mission de rédiger des propositions de programmes. Leur création s'inscrivait dans un large mouvement dont la figure de proue était le Conseil National des Programmes (CNP). Sorte de comité des sages, celui-ci était chargé de faire des propositions générales sur l'orientation et l'organisation de l'ensemble du dispositif scolaire. Dans le cas des sciences physiques et chimiques (deux GTD distincts mais en interaction), les premières propositions de programmes (classes de quatrième - grade 8, seconde - grade 10 et première - grade 11) ont été entérinées sans modifications par le Conseil Supérieur de l'Éducation. Une phase importante de consultation et d'adaptation avait précédé la soumission définitive, grâce à une publication anticipée au *Bulletin de l'Union des Physiciens* (1992).

Il n'y a pas eu, pour cette réforme, de recherches didactiques étroitement liées à l'institution de réforme, comme l'avaient été celles du LIRESPT pour la commission Lagarrigue. C'est plutôt l'acquis de quinze ans de travail en France et à l'étranger dont ont pu témoigner les chercheurs en didactique engagés individuellement dans les GTD.

Que peut-on dire du résultat, en matière de convergence avec la recherche en didactique ?

Il faut tout de suite préciser que la rubrique "recherche didactique" dans cette discussion, ne se réduit pas à celle des résultats de recherche. Il y a des points de vue consensuels, en didactique, qui ne sont pas à proprement parler des "résultats", et sur lesquels un regard critique sera toujours particulièrement utile. Les décisions sur les objectifs de l'enseignement, pour commencer, sont politiques, et non dictées par la recherche. Celle-ci donne certes des éclairages d'importance cruciale, en termes d'accessibilité, de conditions déterminantes, de cheminements préférables. Mais là comme ailleurs, l'expertise se doit de reconnaître ses limites. Par ailleurs, parler de "convergence", c'est aussi refuser d'attribuer certains aspects des propositions aux seuls didacticiens présents dans les groupes.

Le format des propositions faites par les GTD traduit, à lui seul, la reconnaissance de ce que, pour orienter de manière significative un cycle d'enseignement dans une discipline donnée, il ne suffit pas d'aligner des lignes de programme. Sous l'impulsion du CNP, chaque année d'enseignement se voit assigner un préambule définissant les "*principes directeurs*" et les "*objectifs généraux*". Chaque item se trouve accompagné, dans le programme même, de "*compétences attendues*". Les groupes de physique et de chimie ont, toujours dans le programme même, indiqué un menu "*d'activités-suppports*" (physique), "*d'activités de documentation ou d'expériences...*" (chimie). Comme auparavant, des commentaires sont publiés. Mais en outre, des textes d'accompagnement ont été diffusés auprès des Inspecteurs Pédagogiques Régionaux et des responsables de formations d'enseignants. Ils comportent des mises au point sur des questions sensibles, des exemples de progression, de contrôles, des listes de matériels. Les éditeurs d'ouvrages scolaires ont été invités à discuter avec les membres des groupes de physique et de chimie des intentions qui animaient leurs propositions, et des moyens susceptibles de servir leurs choix. Bref, tout un dispositif.

Venons-en à l'exemple de la classe de quatrième (B.O. n° 31, 1992) qui se trouve, depuis la décision prise en 1990 par le ministre Lionel Jospin, la première dans le cursus scolaire où la physique et la chimie sont des disciplines identifiées. Certains aspects seulement peuvent être abordés ici, à grands traits : les objectifs, le rôle de l'expérience, la progression conceptuelle, la place des raisonnements communs des élèves dans les décisions prises.

1. DES OBJECTIFS RÉPARTIS

On trouve parmi les principes directeurs pour l'ensemble de l'enseignement secondaire, des intentions déjà affirmées par le passé : le désir de promouvoir chez les élèves rigueur, méthode scientifique, curiosité, ouverture sur les techniques, ancrage des acquis sur l'environnement quotidien et les technologies modernes, représentation cohérente de l'univers, à travers notamment des aperçus transversaux d'une discipline à l'autre. La place essentielle des activités expérimentales est réaffirmée. La seule chose qui peut surprendre dans ces intentions est leur accumulation : peut-on vraiment poursuivre tous ces lièvres à la fois ? Les textes déjà parus répartissent les ambitions.

Le préambule pour la quatrième met l'accent sur la curiosité, l'acquisition de savoir-faire techniques, le goût de l'analyse rigoureuse des phénomènes, l'aptitude à trier ce que l'on peut expliquer partiellement de ce qui "échappe totalement". On y trouve plus loin l'idée "*d'expérimentation raisonnée*", de "*raisonnements rigoureux fondés sur quelques règles simples*", de "*validité non fluctuante des lois physiques*", et (parlant des élèves, toujours) de

“début de confiance dans leur propre capacité à faire des prédictions et à mettre celles-ci à l'épreuve”. Savoir-faire techniques et composantes conceptuelles s'y présentent donc conjointement, ce second aspect étant fortement organisé autour de l'idée que ce n'est pas n'importe quoi qui arrive : il y a des lois (*“quelques règles simples”*). On n'y échappe pas, et en retour celles-ci permettent de faire des prévisions, de *“raisonner”* les expérimentations, de repérer des phénomènes que l'on est capable *“d'expliquer”*, et d'y trouver un encouragement à ne pas dire n'importe quoi. En revanche, à lire ce texte, l'heure n'est pas aux limites de validité des modèles. Il y a donc bien des choix, et des accents, au moins dans les intentions.

Ceux-ci se répartissent un peu différemment sur les deux parties du programme.

L'optique est particulièrement organisée autour de l'idée de cohérence conceptuelle. Les *“règles”* en question y sont au nombre de deux :

“Pour être vu, un objet doit envoyer de la lumière dans l'œil.”

“Sauf accident (obstacle, changement de milieu...), la lumière se propage en ligne droite.”

Remarquons qu'elles s'expriment en langue naturelle. Elles suffisent, du point de vue de la logique conceptuelle, à introduire tous les points abordés ensuite en optique. Le parcours est organisé dans un jeu de taquets où chaque concept introduit est tour à tour cible puis appui pour l'apprentissage. On arrive comme cela, en principe, jusqu'à voir (en vision directe d'abord) et localiser des images réelles formées par des lentilles, et même à l'idée qu'un cache sur la lentille affecte seulement la luminosité de l'image. Pour résumer, le rapport *nombre de phénomènes / nombre de “règles”* est particulièrement élevé, sans rupture de la chaîne de construction conceptuelle.

Les savoir-faire techniques sont peu développés sur ce thème, tout juste parle-t-on des qualités de soin dans la réalisation des manipulations (certaines sont d'ailleurs délicates).

L'électricité équilibre davantage les aspects conceptuels et opératoires (au sens des techniques de schématisation, et des procédures de mesure). Moins linéaire dans l'architecture conceptuelle, elle est organisée en deux blocs concernant l'un les décharges et l'autre les régimes quasi-stationnaires. Ce second volet développe l'aspect systémique du circuit (par exemple : l'ordre des éléments d'un circuit série n'importe pas, la tension du générateur se répartit entre les dipôles en série) et, toujours, la permanence des lois : *...“en rajoutant une lampe en série, les valeurs des grandeurs changent, mais les lois demeurent.”*

C'est aussi ce second volet qui propose, au départ, une approche opérationnelle des grandeurs intensité et tension : des grandeurs que l'on mesure de telle manière, avec tel appareil, en telle unité. Ce sont alors les verbes

“réaliser”, “mesurer”, “identifier” qui marquent l'énoncé des “compétences attendues”.

En terme d'objectifs, on ne peut donc pas dire qu'un tel programme soit monolithique. Il s'y développe des zones où s'accroissent tour à tour diverses intentions des rédacteurs. Mais globalement, pour ce niveau, on peut noter une réelle ambition sur le plan conceptuel. Non pas tant par l'accumulation d'items que par la visée épistémologique, puisqu'on y installe l'idée de loi, et par les accents mis sur les points sensibles.

Nous commenterons plus loin cette “sensibilité” à propos des difficultés des élèves. Quant à l'idée qu'il y a des lois à prendre au sérieux et non seulement des phénomènes épars, elle n'est peut-être pas directement l'objet de recherches didactiques, du moins dans son expression générale. Mais son intérêt comme objectif d'enseignement imprègne les constats des chercheurs sur les conceptions et raisonnements communs, et fonde à peu près toutes leurs propositions d'intervention pédagogique. Sur quoi peut-on bien s'appuyer, sinon sur l'exigence de cohérence, lorsqu'on souhaite modifier les vues les plus solidement enracinées chez les apprenants ? On sait bien que l'expérience à elle seule n'y suffit pas.

2. LE RÔLE DE L'EXPÉRIENCE

L'expérience dans l'enseignement de la physique est exaltée, avec constance, comme passage indispensable vers une connaissance non pervertie de ce domaine. L'apprentissage de la “démarche expérimentale” fait l'objet de vœux unanimes. Plus difficile est de savoir quel rôle on attribue aux expériences proposées. Que disent les textes officiels ? Explicitement, peu de choses. Les principes directeurs mentionnent l'idée que si les élèves peuvent manipuler eux-mêmes, ils seront “plus concernés”, et donc “plus responsables de la construction de leur propre savoir”, mais au-delà de cette référence au constructivisme, on n'en sait guère plus à ce niveau. Le préambule de la quatrième (voir plus haut les intentions affichées) laisse voir des intentions plus précises : associer expérience et raisonnement, phénomènes et vision unifiée. Mais le plus éclairant sur les intentions des rédacteurs, c'est une mise en rapport de l'organisation du programme et des activités supports proposées.

Limitons-nous à l'optique. Les manipulations y ont un rôle de charnière. Ce ne sont pas des expériences que l'élève contemple, ni même où il découvre les lois. Il s'agit plutôt d'interpréter les phénomènes à partir de ce que l'on sait déjà et d'une loi nouvelle énoncée, et, de manière répétée, de prévoir, puis observer, puis discuter, dans une visée de mise en cohérence. Ces expériences ne sont pas là pour illustrer une loi, mais pour montrer qu'on aurait tort de ne pas en tirer les conséquences.

Par exemple, une fois introduites la diffusion par un écran, la propagation rectiligne et les ombres, on propose une mise en cohérence de deux données : l'éclairement d'un écran où l'on fait des ombres, d'une part, et ce que voit un observateur qui met son œil derrière un petit trou percé dans l'écran, d'autre part. Si l'œil est derrière la partie la plus sombre (l'ombre), l'observateur ne voit pas la source de lumière associée ; depuis la zone de pénombre, il voit une partie de la source ; depuis la zone éclairée, il la voit entièrement (Kaminski, 1991).

La référence au constructivisme trouve ici l'écho d'une activité conceptuelle qui dépasse de beaucoup l'activité manipulative ou même la contemplation inductive.

3. PROGRESSION CONCEPTUELLE ET ANALYSE DE CONTENU

Globalement, les thèmes proposés ne se distinguent pas par leur nouveauté :

- sources, diffusion et couleur,
- propagation rectiligne de la lumière et ombres,
- œil et perception,
- images (réelles) formées par des lentilles convergentes.

Mais deux démarches entrelacées en modifient l'éclairage. Celle d'une revisitation des contenus, qui redistribue la hiérarchie des concepts et les organise sur une ligne de relais successifs. Et celle d'une analyse des raisonnements communs des élèves et des enseignants.

La première redonne à l'œil son rôle principal. C'est l'instrument privilégié. D'où l'importance des expériences de visées à travers les trous d'un écran, décrites plus haut : il s'agit d'intégrer véritablement lumière et vision d'une manière qui, au-delà du seul registre déclaratif, permette des prévisions non triviales. De même, l'œil est l'instrument essentiel de construction de la position d'une image réelle, sans écrans, par visées directes. Les aspects proprement perceptifs (souvent appelés "illusions d'optique") associés à l'ensemble rétine-cerveau, hors champ de l'optique géométrique, sont également abordés.

Autre point relevant d'une analyse de contenu : une prise de distance par rapport aux "rayons" visualisés par un support matériel (Kaminski, 1989). Outil classique d'introduction de la propagation rectiligne de la lumière, ces faisceaux minces font ici l'objet d'une analyse explicite et différée après le travail sur la diffusion et les ombres. On peut espérer, à la lecture des textes officiels, voir un peu moins intervenir dans l'enseignement des "*fontaines qui sont lumineuses parce que la lumière ne peut pas en sortir*" et autres "*rayons visualisés*" par des feuilles de papier qui ne contiennent pas la source.

La suppression de la chambre noire comme dispositif introductif relève du même type d'analyse. Sa simplicité de réalisation cache en effet une réelle complexité conceptuelle (Fawaz & Viennot, 1986 ; Kaminski, 1991), et ceci pour un bénéfice discutable. En effet, ce que l'on voit au fond d'une chambre noire n'est pas une image optique localisée, au sens de Kepler, c'est-à-dire un ensemble de "points" de convergence des rayons issus de chaque "point" objet correspondant, et visible en vision directe.

4. RAISONNEMENTS COMMUNS ET CHOIX EFFECTUÉS

L'analyse des raisonnements communs fait remarquablement écho à celle de la progression conceptuelle proposée. Les recherches ont bien montré que le rôle de l'œil dans la vision est très incomplètement pris en compte dans les raisonnements d'adolescents (Guesne, 1984 ; Tiberghien, 1983 ; Fawaz & Viennot, 1986 ; Goldberg & Mac Dermott, 1987), ou même d'adultes, y compris des enseignants (Fawaz & Viennot, 1986 ; Kaminski, 1989, 1991), ou de techniciens supérieurs d'optique ou d'arts plastiques en formation (Kaminski, 1989 ; Chauvet, 1990). D'où le besoin d'un travail explicite et contraignant sur ce point.

Mais si ce travail d'intégration de l'œil dans la chaîne de la vision est prévu, il n'est pourtant pas développé d'emblée dans la progression conceptuelle. Sa difficulté est prise en compte par un traitement important, mais différé.

Pour le début de la progression, un autre aspect des raisonnements communs intervient, cette fois comme point d'appui et non comme obstacle. C'est le suivant : lorsqu'une plage d'écran est "lumineuse", "brillante" ou "éclairée", chacun est convaincu que de la lumière y parvient. Cette idée correcte est exploitée pour introduire la diffusion par un objet. Plutôt que d'affirmer : *"puisque'on voit cette plage éclairée, c'est qu'elle envoie de la lumière dans l'œil"*, on se sert d'un écran secondaire, au voisinage de la plage éclairée, pour manifester la lumière diffusée. Pour rendre efficace cette mise en évidence, on utilise comme premier écran diffusant un papier de couleur et on l'éclaire en lumière blanche. Le second écran, "normalement" blanc (en lumière blanche), se colore de la même teinte. Ceci est très convaincant quant à l'existence de lumière diffusée. Tout un travail sur les différents types d'écrans est alors accessible, avec l'attrait de la couleur comme support. Ceci introduit, au passage, l'enseignement de la couleur d'une manière fort pertinente (Chauvet, 1993).

Les raisonnements communs sont donc pris en compte tour à tour comme appuis ou comme obstacles, cibles explicites de l'enseignement. Il existe enfin des raisonnements communs que l'on espère au moins ne pas renforcer par l'enseignement, telle l'idée qu'une image voyage comme un tout

constitué et arrive sur l'écran même sans lentille, éventuellement écornée par un diaphragme posé sur la lentille s'il y en a une (Fawaz & Viennot, 1986 ; Feher & Rice, 1987 ; Goldberg & Mac Dermott, 1987 ; Kaminski, 1989). L'approche adoptée ici et les situations traitées devraient limiter cette vision des choses chez les élèves (Kaminski, 1991).

On peut résumer la prise en compte de ces raisonnements communs dans cette partie de programme comme suit :

Principaux concepts introduits	Aspects de raisonnements communs	Rôle de ces aspects dans la progression
Sources, diffusion, couleur	Si une plage d'un écran est "lumineuse", c'est qu'elle reçoit de la lumière	appui
Propagation rectiligne, ombres	idem (plus autres non développés ici)	appui (...)
Pour qu'un objet soit vu, il faut qu'il envoie de la lumière dans l'œil	Négation implicite de cette nécessité La lumière est visible de profil	obstacle et cible, obstacle non renforcé par usage précoce de rayons matérialisés, traité avec l'appui des plages d'écran
Effets perceptifs	Sous-estimation du rôle de l'ensemble œil-cerveau dans la vision normale	obstacle et cible, en appui au traitement du précédent
Image réelle dans les lentilles convergentes : comment la voir, en construire la position	Raisonnements comme si l'image "voyageait" d'un seul bloc	obstacle non renforcé, traité avec l'appui des acquis sur le rôle de l'œil

CONCLUSION

Le texte du programme d'optique de quatrième et ceux qui l'accompagnent illustrent d'indéniables convergences entre les points de vue des rédacteurs et ceux qui font l'objet de consensus chez les didacticiens. Les résultats de recherche y sont pris en compte. Les textes officiels portent la marque de deux démarches aussi imbriquées qu'elles le sont dans la recherche didactique : analyse de contenu conceptuel et attention aux raisonnements communs. Les intentions des rédacteurs et la réflexion des didacticiens se rejoignent aussi sur le rôle assigné aux expériences, et, plus largement, sur l'idée de concilier une forte visée conceptuelle et la manipulation d'un formalisme mathématique au départ très restreint.

S'agit-il d'un épiphénomène, fruit d'une série d'opportunités ?

C'est peut-être en quatrième que le fil didactique est le plus visible dans le tissu des textes : il se trouve que les thèmes de l'optique et de l'électricité élémentaires sont parmi les plus étudiés en recherche. Mais on retrouve aussi la trace d'études didactiques à propos des forces, de l'énergie, des signes + et -, en première notamment, ou encore des fonctions de plusieurs variables, dès la troisième. Le principe d'une prise en compte des points de vue et résultats de la didactique semble bien avoir été retenu dans l'ensemble du travail, au moins comme termes d'une négociation.

Cela dit, une constatation s'impose : bien peu d'éléments sont actuellement disponibles quant aux résultats, en temps et situation réels, avec les enseignants tels qu'ils sont, des aspects les plus novateurs des propositions officielles. Un grand travail de suivi, d'évaluation et d'ajustement progressif est à mettre en route. Souhaitons qu'il puisse se développer dans la durée, car nul n'est assez naïf pour croire que la solution idéale va surgir d'emblée, aussi approfondies qu'aient été les recherches et réflexions préalables.

Note

Laurence Viennot est membre du GTD (groupe technique disciplinaire) de Physique.

BIBLIOGRAPHIE

CHAUVET F. (1990). *Lumière et vision vues par des étudiants d'arts appliqués*. Mémoire de tutorat non publié, DEA de didactique, Université Paris 7 (LDPES).

CHAUVET F. (1993). Conception et premiers essais d'une séquence sur la couleur. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 750, pp. 1-28.

FAWAZ A. & VIENNOT L. (1986). Image optique et vision. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 686, pp. 1125-1146.

FEHER E. & RICE K. (1987). A comparison of teacher-students conceptions in optics. In *Proceedings of the Second International Seminar : Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, vol. II. Cornell University, pp. 108-117.

GOLDBERG F.M. & MAC DERMOTT L. (1987). An investigation of students' understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, vol. 55, n° 2, pp. 108-119.

GRUPE TECHNIQUE DISCIPLINAIRE DE PHYSIQUE (1992). *Document d'accompagnement pour la classe de quatrième*. Paris, Ministère de l'Éducation nationale et de la Culture.

GROUPES TECHNIQUES DISCIPLINAIRES DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE (1992). Avant-projets des programmes de physique et chimie. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 740, supplément pp. 1-52.

GUESNE E. (1984). Children's ideas about light / Les conceptions des enfants sur la lumière. In *New Trends in Physics Teaching*, Vol IV. Paris, UNESCO, pp. 179-192.

KAMINSKI W. (1989). Conceptions des enfants et des autres sur la lumière. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 716, pp. 973-996.

KAMINSKI W. (1991). *Optique élémentaire en classe de quatrième : raisons et impact sur les maîtres d'une maquette d'enseignement*. Thèse de doctorat non publiée, Université Paris 7 (LDPES).

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1992). Classes de quatrième et quatrième technologique. *Bulletin Officiel*, n° 31, pp. 2086-2112.

TIBERGHIE A. (1983). Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens de la notion de lumière chez les élèves de 10 à 16 ans. In *Recherche en didactique de la physique : les actes du premier atelier international, La Londe les Maures*. Paris, CNRS, pp. 125-136.