

LA PHYSIQUE «QUALITATIVE» AU COLLEGE : AMBIGUITES ET DIFFICULTES

Samuel JOHSUA
Université de Marseille II

I – INTRODUCTION.

La généralisation de l'enseignement de la physique au 1er cycle est relativement récente, mais déjà les critiques s'accumulent à son endroit, venant des professeurs de lycée (Vento, 1982), ou des professeurs de collège eux-mêmes (APISP, 1982). Les bilans, quant aux connaissances acquises par les élèves, apparaissent décevants (Kahane, 1982).

Selon une tradition pédagogique bien établie des courants pédagogiques dominants en France, une telle situation conduit rapidement à une réponse standard : l'innovation (pour ce qui relève des méthodes pédagogiques) et la réforme pour ce qui relève des contenus, voire même des curriculae.

Bien que les programmes, comme les méthodes, nous paraissent effectivement contestables, une telle précipitation peut se révéler parfaitement inefficace si une réflexion approfondie n'est pas conduite sur les causes profondes des difficultés de la physique au collège.

Dans le cadre de cet article, nous nous interrogerons sur l'une des causes possibles de cette situation : le manque de stabilité du «contrat didactique» au collège.

D'une manière générale, on peut en effet décrire le déroulement d'un cours de physique de plusieurs points de vue : comment le professeur traite le contenu à enseigner ; comment l'élève se comporte face au contenu à apprendre ; quel mode d'organisation pédagogique règle les rapports entre le professeur et les élèves, etc. Tous ces points de vue peuvent être instructifs, mais il est souvent nécessaire d'aller plus loin, et de s'interroger sur une relation à trois termes, c'est-à-dire sur le type de rapports spécifiques existant entre le professeur et sa classe à propos d'un contenu précis.

De nombreuses études existent en didactique des mathématiques sur la description de ces rapports, ou «contrat didactique», et de leurs évolutions lors des changements de contenus (Brousseau, 1983 ; Chevallard, 1980).

Pour qu'un cours de physique puisse se dérouler sans trop d'accrocs, il est nécessaire, par exemple, que l'élève sache, dans les grandes lignes au moins, ce que l'on attend de lui, et que le professeur s'y conforme.

Si ce contrat didactique n'est pas clair, ou même s'il est trop souvent perturbé, des difficultés peuvent rapidement apparaître. Or, à notre avis, cela semble bien être le cas au niveau du collège.

II – LE CONTRAT DIDACTIQUE AU LYCEE.

Une interrogation sur la stabilité du contrat didactique peut avoir un sens dans une relative indépendance par rapport à l'opinion de chacun sur les apprentissages acquis par les élèves dans ce cadre.

Ainsi, au niveau du lycée, les instructions ministérielles de 1980, donnent une place décisive, et même la primauté, à l'expérimental. Dans la pratique courante des classes, la situation paraît un peu différente, mais le rapport à l'expérience occupe tout de même une place importante. Or, ce qui est demandé en définitive à l'élève (au baccalauréat par exemple) relève surtout du domaine des exercices d'applications et des problèmes. Dans ces derniers, le rapport à l'expérimental est souvent mythique, et y domine en général l'utilisation de l'outil calculatoire (Johsua, 1983).

Même si des modifications ont touché ces dernières années les sujets du Bac, cela ne paraît pas remettre en cause ces données générales, et, en tout cas, le rapport à l'expérimental ne correspond ni aux souhaits ministériels, ni même à la pratique des classes.

Ceci n'est qu'un exemple ; (une analyse plus précise du fonctionnement du contrat didactique au lycée pourrait être faite (Johsua, 1983)). Mais il suffit peut-être à illustrer ce que nous indiquons ci-dessus. Le type d'apprentissage acquis par les élèves dans cet enseignement peut être analysé pour lui-même, et apparaître peut-être satisfaisant, ou plus sûrement décevant. On peut estimer la coupure entre pratique des classes et sujets du Bac inévitable, au regard des capacités des élèves à traiter réellement une situation expérimentale nouvelle, ou estimer qu'un changement du rapport à l'expérimental favoriserait ce genre de capacités. Mais les règles du contrat didactique apparaissent relativement stables. L'élève, en particulier, sait précisément sur quoi il sera jugé, et donc ce qui est (implicitement peut-être, mais clairement) l'objet réel de l'enseignement.

III – DESCRIPTION GENERALE DU CONTRAT DIDACTIQUE AU COLLEGE.

Cette stabilité du contrat au lycée, reposant essentiellement sur une rupture assumée entre l'objet proclamé de l'enseignement et l'objet effectivement important, est remise en cause au collège. A ce niveau, en effet, les programmes de 1978 préconisent l'enseignement d'une physique expérimentale (comme au lycée), mais qui doit rester essentiellement descriptive et «qualitative». Ce dernier terme s'entend ici par opposition à la traditionnelle mise en évidence des «lois» au niveau du lycée, lesquelles, à leur tour, donnent les formules mathématiques nécessaires au traitement des exercices.

Pas (ou peu) de mathématiques donc ; en conséquence, le type de contrat existant au lycée devient impraticable. Par quoi alors est-il remplacé ?

Pour répondre à cette question, il nous paraît intéressant d'examiner le type de questions de contrôle posées dans les classes, et de les mettre en rapport avec l'activité générale de ces classes en physique. Nous avons ainsi observé le fonctionnement de cinq classes de 6ème dans l'année scolaire 1982-1983, et examiné les exercices de contrôle (108 en tout). Quelques données générales apparaissent de prime abord.

Absence d'évaluation sur l'activité pratique.

Le point de vue de l'activité manipulative directe des élèves comme élément de base est partagé par tous les professeurs ; l'essentiel du temps est consacré à la manipulation par les élèves, à «l'observation», à l'énoncé des conclusions.

Et pourtant, il n'y a jamais aucun test pratique. Les barrières pratiques et institutionnelles souvent évoquées au niveau du baccalauréat pour expliquer cet état de chose ne peuvent avoir le même rôle ici, et pourtant la pratique est la même.

Il est clair, dans ces conditions, qu'une première difficulté de taille s'établit pour la constitution du contrat. L'activité pratique, prescrite par les instructions, souhaitée et promue par les professeurs (et appréciée semble-t-il des élèves) ne se traduit jamais en terme d'évaluation «officielle» et valorisée.

Des phénomènes du même type existent d'ailleurs en mathématiques autour des «méthodes actives» préconisées et appliquées à l'occasion. Mais à l'inverse des mathématiques – où ce genre d'activité demeure marginal dans la masse des classes et souvent limitée dans le temps pour celles qui la pratiquent – en physique il s'agit de l'activité principale, généralisée, permanente... et non évaluée !

Très faible présence des «calculs».

On a vu que les prescriptions ministérielles prohibaient le recours aux «formules» et à la mathématisation. Au niveau de la 6ème, cela ne pourrait de toute

manière que relever de techniques assez rudimentaires, en général de caractère algorithmiques.

En bonne conformation avec ces recommandations (partagées à l'évidence par les professeurs), on ne retrouve qu'un nombre très faible d'exercices faisant appel à ces algorithmes, (10 sur 108), mais tous les professeurs y font appel au moins une fois.

Pas d'entraînement préalable.

La conséquence principale dont on ne doit pas sous estimer l'importance, c'est qu'il n'y a pas d'entraînement préalable au type de questions proposées à l'élève.

Or cela semble bien être une spécificité de l'enseignement de la physique (avec, peut-être, celui de la biologie).

En effet, en mathématiques, l'élève a toujours résolu auparavant des exercices comparables à celui du test ; il y est entraîné. Toute question qui, dans le contrôle, ne peut être ramenée directement à du « déjà vu » est considérée comme une rupture du contrat et ne peut être qu'exceptionnelle [en vue de dégager une « élite » de la classe par exemple].

C'est aussi le cas dans une série d'autres matières : l'apprentissage des langues par exemple, ou celui de la dictée en français.

En physique – du moins au collège – deux règles se combinent pour aboutir à une situation originale :

i) Celle du contrôle continu.

On contrôle au fur et à mesure du développement du cours et il n'y a jamais de contrôle récapitulatif. Ceci serait considéré comme une rupture du contrat par les deux partenaires de l'acte didactique.

Dans les contrôles, une question ne peut apparaître deux fois, sauf exception.

ii) Celle de l'interdiction des exercices numériques ou mathématisés.

Ceux-ci permettraient de dégager des règles à appliquer dans des cas semblables ou proches. On pourrait, bien sûr, se limiter à poser aux élèves de strictes « questions de cours », comme cela se fait dans la majorité des interrogations de sciences humaines par exemple. Pour le coup, le contrat perdrait son ambiguïté, la tâche valorisante de l'élève deviendrait claire et unique : apprendre ses leçons « par cœur ».

Et de fait, environ 10% des questions posées sont de ce type ; c'est peu.

IV – EXEMPLE D'UN «BON» FONCTIONNEMENT DU CONTRAT DIDACTIQUE.

Avec ces contraintes, les exemples d'un «bon» fonctionnement du contrat didactique sont assez rares. En voici un (tiré de l'observation de deux classes de 6ème en 1984-1985) : c'est celui de la leçon «isolants/conducteurs».

Cette leçon s'insère dans le cours sur les circuits électriques. Il s'agit d'apprendre à classer les matières entre isolants et conducteurs, à l'aide d'un test expérimental simple.

Les élèves procédaient d'abord à un classement préalable en fonction de leurs connaissances, puis s'attachaient à un classement plus systématique.

Proposition du problème.

La proposition du problème ne pose pas de difficultés majeures. La familiarité avec la question est grande, mais elle n'a jamais été posée sous cette forme là.

Il existe une expérience simple (adjonction du matériau à tester dans le circuit de simple allumage pile/fils/ampoule). Celle-ci est répétable et aisément réalisable par les élèves eux-mêmes.

Enfin, le phénomène à observer ne souffre d'aucune ambiguïté : l'ampoule s'éclaire ou non, et la correspondance «fait» (est-ce un conducteur, un isolant) phénomène est importante.

Introduction de la modélisation.

Le mécanisme de l'observation est lui-même assez simple, et surtout, en bonne adéquation avec l'objet de la leçon (obtenir un classement de matériaux).

En conséquence, l'aller retour inductif est presque évident et, en conséquence le crédit accordé au discours du professeur est aisé à obtenir.

Il y a une condition à cela : c'est que la base de connaissances des élèves concernant le phénomène étudié soit d'emblée suffisamment importante. Or, il s'avère que c'est bien le cas ; les deux classes contiennent beaucoup d'élèves pour qui la notion même de corps qui conduisent l'électricité (en général, tous les métaux regroupés sous l'appellation de «fer») et de corps qui ne conduisent pas (le reste) est une notion préexistante. Il suffit de la clarifier, de la mettre en forme, de la préciser, pas de la construire.

Des ouvertures possibles.

Ce qui vient d'être dit pourrait laisser croire que l'écart entre le professeur et les élèves est faible, concernant la connaissance considérée.

Or, ceci est souvent en contradiction avec un bon fonctionnement du contrat didactique. Le professeur doit aussi produire des informations nouvelles pour les élèves, sinon le cours perd de son intérêt.

i) Aussi doit-il y avoir des ouvertures possibles, un élargissement de l'espace de pertinence des connaissances introduites. C'est là le rôle de la mine de crayon ; l'existence de conducteurs et d'isolants est déjà connue des élèves : la distance avec le professeur est trop faible. Il faut la rétablir (et, en même temps montrer la puissance de l'outil construit) en introduisant des cas intermédiaires.

Cela permet de lutter contre «le simplisme» («la réalité est toujours complexe»). mais dans des proportions admissibles par les élèves.

ii) Si de plus des ouvertures vers la vie courante (ou du moins vers le concret des élèves) sont possibles, c'est encore mieux. Ici, les deux professeurs expliquent que l'air est un isolant.

iii) Plus marginalement, la distance entre professeur et élèves peut être assurée par le recours au spectaculaire. Ceci étonne les élèves et assure en même temps le respect de la connaissance et presque un statut de magicien pour le professeur. (Dans le cas de ces séquences un ingénieux amplificateur à ampoule est utilisé qui montre, à l'aide d'une chaîne des élèves, que le corps humain est conducteur et que l'air est un isolant).

Le débat dans la classe.

Il y a peu de débat entre élèves (il y a d'ailleurs peu de matière à débat), et le professeur conduit la classe à l'aide d'une succession de questions. Il sélectionne ensuite les réponses (et là, selon les réponses sélectionnées, il peut avancer plus ou moins vite dans le déroulement de la séance) ; en fait il s'appuie sur ces réponses sélectionnées pour avancer sa propre thèse.

La plausibilité de celle-ci (qui doit se mesurer au regard de la base expérimentale utilisée, de la base de connaissances des élèves, et de l'objectif cognitif visé) est assurée à chaque étape.

Apparemment, la situation choisie met donc la classe presque au niveau du professeur. Mais des moyens supplémentaires existent pour rétablir une nécessaire distance.

Effets de ces séquences.

L'observation de ces séquences montre que le déroulement a lieu sans à-coup. Les élèves sont motivés et actifs. La classification s'obtient sans difficultés notables.

Les ouvertures supplémentaires ménagées dans les leçons intéressent grandement la classe (rôle de l'air), voire les passionnent (chaîne des élèves).

En revanche, l'attention des élèves est fixée par les éléments les plus spectaculaires, et va donc se polariser sur les cas marginaux (le corps humain est ainsi massivement classé parmi les conducteurs, ce qui ne prend son sens que dans la leçon sur «les dangers du courant électrique» prévue en fin de cursus), et surtout intermédiaires (la mine de crayon).

D'une manière générale, ceci correspond à un bon fonctionnement de la classe. Cependant, il faut pour cela un regroupement de conditions favorables, qui ne sont réalisées que rarement, surtout si l'objectif cognitif à atteindre est relativement complexe.

On comprend alors pourquoi les professeurs de physique au collège (voire au lycée) tentent systématiquement de s'en rapprocher, et pourquoi aussi ils n'y parviennent que dans quelques cas précis et bien répertoriés.

V – AMBIGUITES DU «QUALITATIF» DANS LA PHYSIQUE AU COLLEGE.

Si l'on examine avec précaution le type d'objets «qualitatifs» traités au collège, on s'aperçoit que, sous ce chapeau commun, une grande variété existe. Ainsi, l'examen des 108 questions de contrôle posées à cinq classes de 6ème (1982-1983) fait apparaître les catégories suivantes (que nous préciserons par un exemple à chaque fois).

A) Questions contextées pour l'élève, ne portant pas sur des objets d'enseignement ad hoc*.

Certaines questions ne prennent leur sens que grâce au contexte précis de la classe. Même si un observateur extérieur a du mal à s'y retrouver, un élève attentif n'a pas de mal à le faire.

Exemple.

«Que fait l'air sur tous les corps qui nous entourent et sur nous-mêmes ? Comment s'appelle cela ?».

* Le terme «question ad hoc» sera défini ci-dessous.

La réponse existe dans le cours.

«L'air exerce une pression sur tout ce qu'il touche : c'est la pression atmosphérique».

La question est contextée, et manifeste peu d'ambiguïté.

B) Questions contextées du point de vue du professeur, mais ambiguës pour l'élève.

Exemple.

«Quand il y a fuite de gaz, quelles précautions faut-il prendre?».

Réponse d'un élève.

«Il faut fermer le gaz, éteindre les chauffages, les lampes, etc. et ouvrir la fenêtre».

Commentaire du professeur : «peu précis».

Le cours disait : «il faut éviter les flammes et étincelles».

Ça paraît clair ! Ça ne l'est pas. En effet, le professeur sait, lui, que les manipulations électriques peuvent provoquer des étincelles. L'élève n'est pas censé le savoir !

Aussi cette question – type question de cours en apparence – est ouverte pour l'élève. L'élève fait preuve de réflexion et d'imagination, expressément recommandées en théorie et en fait prohibées dans la pratique de la classe.

Il ajoute par exemple qu'il faut fermer le gaz. Surtout il pense «éliminons tout ce qui chauffe», donc «les chauffages» mais aussi... les lampes, au risque de provoquer l'explosion redoutée.

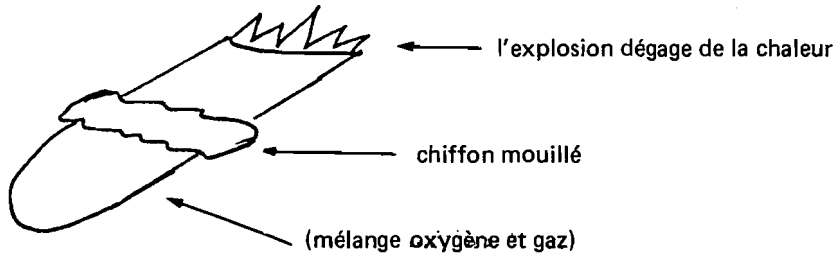
Ces ruptures de contrat de la part de l'élève sont presque toujours sanctionnées. Ici cependant, le professeur prend un moyen terme. Il commente «peu précis», ce qui lui évite de sanctionner durement. On voit mal cependant ce qu'il y a de vague dans la réponse de l'élève.

C) Influence de la situation expérimentale sur la signification de la contextualisation.

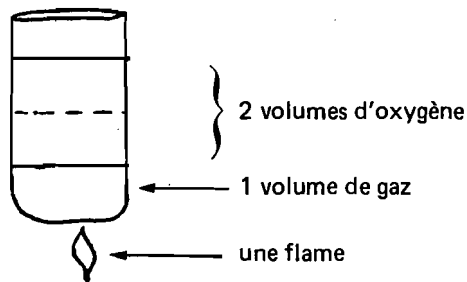
Exemple.

«Dans quelles conditions un mélange de gaz combustible et d'oxygène explose-t-il ? Décrivez une telle expérience en faisant un dessin».

Réponse d'un élève.



Correction.



«Un mélange explosif peut être conservé dans un flacon étanche ; pour qu'il explose, il faut amorcer l'explosion par une flamme».

L'influence de la situation expérimentale se manifeste chez l'élève par son incapacité à se rappeler ce qui est pertinent dans l'expérience rapportée en vue de répondre à la question du professeur.

Certaines observations l'ont marqué ; d'autres pas. Pour autant, de son point de vue, il répond bien à la question : «dans quelles conditions». Simplement il s'agit non pas du sens du professeur (pré-conditions) mais des conditions descriptives de la situation (par exemple, le dégagement de chaleur).

Le professeur attend autre chose qui n'est pas en fait la description de l'expérience, mais ses «conclusions» verbales.

Même le dessin produit en correction n'a pas été donné en classe.

Signalons par ailleurs que la représentation du mélange gazeux est plus correcte dans le dessin de l'élève. Emporté par son souci didactique qui le conduit à insister sur la comparaison des volumes, le professeur semble oublier qu'il s'agit de gaz...

D) Questions non contextées et transferts.

«Tu as dû voir l'arrivée des cosmonautes sur la lune à la télévision. Qu'as-tu remarqué ? Explique pourquoi ?».

Cette question suit une partie du cours où l'on introduit la notion d'existence de l'air, de pression atmosphérique.

i) Il est clair (par sa rédaction même) que cette question est objectivement ouverte. L'élève aurait pu remarquer des dizaines de choses. En général, cette ouverture objective est réduite drastiquement, ou même éliminée, par le contexte du discours de la classe. Ce n'est pas le cas ici ; rien n'a été inscrit sur les cahiers à ce propos, rien non plus n'a été indiqué oralement.

Il y a donc bien une rupture explicite du contrat.

ii) Malheureusement, nous ne disposons pas de la correction de ce contrôle ce qui rend délicate l'interprétation de son attente. Mais, on peut essayer de deviner.

– Est-ce la nécessité de respirer de «l'air», qui donc expliquerait l'existence de scaphandres ? Mais pourquoi la lune ? Et puis comment l'élève sait-il qu'il n'y a pas d'atmosphère là-haut ?

– Est-ce la moindre gravité qui explique la hauteur des bonds effectués ?

– Est-ce l'absence de vibrations dans l'environnement qui explique que les sons ne se propagent pas ?

Comment l'élève peut-il répondre à ces questions ? Si, par chance, il tombe juste et répond correctement ce n'est nullement une capacité de transfert ou «d'imagination» qu'il aura manifestée. Vue la complexité de ce genre de questions ce ne pourra être que parce qu'il a déjà appris quelque chose quelque part, fut-ce, bien entendu, en dehors de la classe.

E) Questions contextées portant sur des objets d'enseignement ad hoc.

Nous avons présenté jusqu'à présent des questions, contextées ou non, mais qui entretenaient des relations directes ou indirectes avec des référents pris en dehors de la classe. Ces «pratiques de références» (Martinand, 1982) sont de natures diverses (scientifique, technologique, culturelle, etc.) et ne sont jamais transférées telles quelles dans l'acte didactique. Elles subissent un processus de transposition didactique (Chevallard, 1980).

Mais il arrive que le système secrète sa propre «pratique de référence» et produise des objets d'enseignements qui n'ont aucune relation, sauf mythique et très indirecte, avec l'extérieur du couple professeur/élèves.

Exemple.

Unité de masse.

«Que comprend une boîte de masse ? Quelle sont les masses absentes de la boîte ci-dessous ?».

[Suit un dessin de boîtes de masse].

Réponse d'un élève.

«L'unité de masse est le kg. La masse totale des masses marquées est de 1 kg ou 1 000 g. Les masses marquées absentes sont 200 g, 100 g, 50 g, 20 g, 10 g, 5 g».

Cette question était traitée telle quelle dans le cours de la leçon.

Il s'agit d'un exemple typique (lui aussi assez généralement traité) d'objet d'enseignement ad hoc.

Plus personne, nulle part, ne se sert de ce genre de balance ! Quel intérêt cela a-t-il donc de devoir se rappeler ce que contient «une boîte de masse» (en fait, il s'agit uniquement des boîtes disponibles dans les collèges !).

Il s'agit d'un faux point de vue «pratique», d'une «praticité scolaire» et d'un objet d'enseignement qui est en lui-même sa propre pratique de référence.

F) Questions à algorithmes.

Nous avons déjà constaté que malgré le refus du «calculatoire», on pouvait noter la présence d'exercices qui y font appel, en nombre restreint il est vrai.

G) Questions ouvertes pour le physicien.

On touche ici à l'aspect le plus inattendu de ce classement. Au niveau le plus élémentaire, la 6ème, on compte 40% de questions qui sont «ouvertes pour le physicien» ! (43/108).

En disant cela, nous ne voulons pas, bien entendu, indiquer que ces questions sont sans réponses dans l'état actuel de la recherche ! Mais simplement que ces questions :

– soit, comportent plusieurs possibilités de réponses du strict point de vue du physicien ;

– soit, nécessitent une réflexion approfondie, de «spécialiste» pourrait-on dire avant d'avancer une réponse à peu près correcte.

En réalité, on doit distinguer :

i) Les cas où cette «ouverture» de caractère directement scientifique est réduite pour l'élève grâce au contexte.

Autrement dit, un physicien qui suivrait le même cours que l'élève, saisirait par là même le sens des questions posées.

Cette situation existe aussi par exemple en mathématique où il est nécessaire de se replonger dans le contexte didactique particulier de chaque classe à différents

niveaux pour donner des réponses jugées correctes par le professeur. Cependant, un mathématicien qui s'astreindrait à ce travail aurait alors réalisé pour l'essentiel la fermeture de la question.

Avertis des axiomes de départ, du vocabulaire spécifique éventuel, du cheminement résolutif souhaité par le professeur, les mathématiciens s'accorderont sur le type de réponse à donner, qui serait considéré comme «juste» sans avoir besoin de sortir du cadre fixé. Un coup d'œil sur les exemples traités suffit souvent pour cela. Ceci, encore une fois, pour les grandes masses, à l'exclusion des différenciations plus fines.

En physique, c'est loin d'être le cas ! Même avertis du cursus suivi par l'élève, (mais privé de tout point de comparaison avec des exercices d'entraînement préalable), le physicien reste confronté à une diversité de possibilités à vrai dire surprenante. Au delà du problème précis que nous traitons (le contrat didactique) il y a peut-être là la source de difficultés propres à l'enseignement de la physique.

ii) Les cas, finalement assez nombreux, où la situation physique considérée est intrinsèquement complexe, même si cette complexité n'apparaît ni aux yeux des élèves, ni souvent, aux yeux des professeurs.

Exemple.

- «Dire si la pression atmosphérique m'aide ou me gêne lorsque
- je bois en utilisant une paille,
 - je désire verser le contenu d'une boîte de lait dans laquelle j'ai fait un trou».

Réponse d'un élève à la première partie.

«Oui, elle m'aide car l'air appuie sur l'eau contenue dans le verre et l'eau prend la place de l'air que j'aspire contenu dans la paille».

Cette question est comptée comme juste par le professeur. Elle correspond d'ailleurs à une partie du cours et le professeur a donné la même explication.

Le contrat didactique est donc très bien respecté, proche ici (du point de vue de l'évaluation) de la question de cours.

Mais comment le physicien peut-il en être quitte ?

Ce n'est pas la pression de l'air qui «explique» que l'eau monte dans la paille. Sinon, il n'y aurait nul besoin d'aspirer pour que le liquide monte dans la paille !

L'aspiration provoque une différence de pression entre le bas de la paille et la bouche du buveur.

La même chose pourrait se produire en circuit fermé (à l'abri de l'air) : on peut boire du coca dans une boîte fermée, percée avec une paille !

La question posée demande plus modestement si la pression de l'air «m'aide» ou «me gêne» mais comment répondre simplement à une telle question ?

Réponse de l'élève à la deuxième partie.

«Non, car l'air repousse le lait par en bas».

[Commentaire : «il faut deux trous»].

Dans le cours de la classe, le professeur a présenté et discuté l'expérience de la pipette : une pipette bouchée à un bout ne laisse pas couler l'eau à l'autre bout.

Il y a donc tentative partielle de transfert à une situation non traitée.

Comme nous l'avons déjà vu souvent, l'élève répercute l'expérience traitée en classe (ce qui suppose dans le cas présent de remarquer déjà la similitude des situations) et l'explication fournie par le professeur : l'air me gêne, car il repousse le liquide.

Mais le professeur attend qu'on aille au delà de la réponse qu'il a lui même donnée ; or, comprendre pourquoi il faut «deux trous» est loin d'être évident.

Pourquoi un seul «gros trou» ne serait-il pas suffisant ? Et en réalité, il l'est !

C'est que, si joue assurément la pression de l'air dans le fait que le lait ne s'écoule pas d'un trou trop petit, jouent aussi la tension superficielle du liquide (qui dépend, entre autres, de sa viscosité) et, bien entendu, la pesanteur qui est la grande absente de ces modèles «simplifiés».

C'est ainsi que l'air «repousse» le lait aussi bien par un trou que par deux ! Mais le bilan des forces sur un des trous (et si la boîte est inclinée) montre que la pesanteur suffit alors à faire tomber le lait !!

En aucun cas ce genre d'explications ne peut être généré à partir du contexte. En réalité l'explication «il faut deux trous» est une simple «description formalisée», au premier degré, de l'expérience de la vie courante

La physique (la pression de l'air) joue ici comme un simple vernis.

VII – CLASSEMENT PAR CATEGORIES.

Les tableaux 1, 2 et 3 donnent une idée de la proportion dans chaque catégorie.

Rappel des catégories utilisées.

A – Questions contextées pour l'élève, ne portant pas sur des objets d'enseignement ad hoc.

B – Questions contextées du point de vue du professeur, mais ouvertes pour l'élève.

C – Influence de la situation expérimentale sur la signification de la contextualisation.

D – Questions non contextées et transferts.

E – Questions portant sur des objets d'enseignement ad hoc.

F – Algorithmes et/ou entraînement.

G – Questions ouvertes pour le physicien.

Fermeture et ouverture du point de vue du professeur.**Tableau 1****Nombre total de questions : 108**

| | |
|---|--|
| Questions à transfert (catégorie D) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">21 / 19 %</div> | Questions contextées du point de vue du professeur <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">87 / 81 %</div> |
|---|--|

« Fermeture » du point de vue des élèves.

Tableau 2**Nombre total de questions : 108****Questions fermées pour l'élève 56 / 52 %**

| | |
|---|--|
| contextée, non ad hoc (catégorie A) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">38 / 35 %</div> | questions ad hoc (catégorie E) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">18 / 17 %</div> * |
| algorithme ou entraînement (catégorie F)* <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">14 / 13 %</div> | sans entraînement <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">24 / 22 %</div> |

* Deux questions «ad hoc» sont de nature algorithmique. Elles sont classées uniquement dans la catégorie «F».

Tableau 3

| |
|---|
| Toutes les questions de la catégorie F (algorithme et entraînement) font partie des questions fermées pour l'élève : il y en a 14.* |
| Parmi les questions fermées pour l'élève (56 en tout) il y a donc 32 questions qui appartiennent soit à E, soit à F. |

* De plus, 2 questions portant sur des objets d'enseignement ad hoc utilisent uniquement des algorithmes. Elles sont classées dans la catégorie F.

Tableau 4

| | |
|---|-----------|
| Nombre de questions fermées à la fois pour l'élève et pour le physicien | 42 / 39 % |
|---|-----------|

Les questions «ouvertes» pour l'élève.

Tableau 5

Nombre total de questions : 108
 Nombre de questions ouvertes pour l'élève 52 / 48 %

| avec transfert (catégorie D) | fermées du point de vue du professeur (sans transfert) (catégorie B) | |
|------------------------------|--|---------|
| 21 / 19 % | 31 / 29 % | |
| | non ad hoc | ad hoc |
| | 27 / 25 % | 4 / 4 % |

On peut constater que le nombre de questions qui ne présentent pas d'ambiguïtés pour l'élève dépasse à peine les 50 %. Sur ce nombre, une proportion importante (près de 60%) provient des catégories «ad hoc», ou «algorithmes».

Enfin, si l'on veut que cette non-ambiguïté existe à la fois pour l'élève et pour le physicien, on tombe à 39% au total (dont les 3/4 proviennent des catégories «algorithmes» et «ad hoc».

VI – QUELQUES CONCLUSIONS.

Il existe en général, deux façons de parler «d'échec» de l'introduction de la physique au collège. L'une concerne le niveau de performances des élèves et l'autre la distance jugée trop grande entre la physique «simplifiée» des collèges, et celle des physiciens.

L'interrogation sur le type de contrat didactique à l'œuvre dans les collèges nous paraît apporter un éclairage nouveau à cette question.

i) Nous avons pu en effet constater que le manque de stabilité du contrat était profondément liée aux multiples ambiguïtés non dominées de la physique «qualitative» traitée.

Les contenus effectivement traités étant difficiles à cerner, ce qu'il est important de savoir dans chaque cas étant délicat à déterminer pour l'élève, on conçoit que les connaissances éventuellement acquises par ce dernier demeurent pointillistes et sans structure d'ensemble.

D'un autre côté, le physicien a souvent du mal à admettre les réponses apportées en classe à des questions qui, tout comptes faits, apparaissent parfois bien complexes.

Notre étude montre qu'il est possible de réduire les ambiguïtés du point de vue de la physique comme du point de vue de l'élève, mais (au moins dans notre échantillon), cela conduit à ne plus traiter que des questions fort peu stimulantes.

Ce dilemme apparaît avec netteté au collège, mais il ne lui est pas propre. Au niveau du lycée, on y échappe apparemment grâce à un recours intensif au formalisme mathématique. Mais le dilemme au fond paraît semblable.

ii) Est-on alors réduit à un choix impossible entre une physique «qualitative» pleine d'ambiguïtés, et une physique mathématisée et appauvrie ? Cette question peut légitimement se poser (Hulin, 1983). En tout cas, la difficulté d'un enseignement «qualitatif» semble patente non seulement en France, mais encore dans les autres pays européens, et aux Etats-Unies. Il reste cependant à juger si ce verdict est définitif.

REFERENCES.

Association des Professeurs d'Initiation aux Sciences Physique, n°51 bis, 1982. Bulletin de l'APISP.

G. BROUSSEAU, 1983 (à paraître). Quelques problèmes qui ont causé des échecs dans la réforme des mathématiques.

Y. CHEVALLARD, 1985. La transposition didactique. Editions La Pensée Sauvage, Grenoble.

J.J. DUPIN, S. JOHSUA, 1984. Teaching electricity : interactive evolution of representations, models and experiments in a class situation. Ludwigsburg.

M. HULIN, 1983 (à paraître). Quelques thèses pour la didactique de la physique. Journées du centre interuniversitaire de recherche en didactique des disciplines scientifiques. Marseille.

Instructions ministérielles, 1978. Pour l'initiation aux sciences physiques dans les collèges. Publications du C.N.D.P.

S. JOHSUA, 1983. Contrôle des connaissances en fin de second cycle et nouveaux programmes de physique. **Revue française de pédagogie n°64.**

S. JOHSUA, 1985. Contribution à la délimitation du contraint et du possible dans l'enseignement de la physique (essai de didactique expérimentale). **Thèse d'état, Aix-Marseille II.**

A. KAHANE, L. BOUCHARIN, 1982. L'enfant de sixième face aux sciences physiques. in B.U.P. n°640.

J.M. LEVY-LEBLOND, 1979. Conférence à Jussieu.

J.L. MARTINAND, 1982. Contribution à la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences et techniques. **Thèse Paris-Sud.**

R. VENTO, 1982. Enquête à l'entrée en seconde. **Bulletin de l'association des professeurs d'initiation aux sciences physiques, n°50.**