

Bibliographie

- (1) J. M. Leclerc, Actes du colloque sur la pédagogie universitaire, Montréal, 1979, p. 78.
- (2) « Une expérience de rénovation de l'enseignement de chimie en premier cycle universitaire », *Unichimie*, 1972, 7, 29.
- (3) « Rénovation de l'enseignement de chimie en maîtrise d'enseignement de sciences physiques », Rapport interne université Grenoble I.
- (4) P. Moessinger et M. L. Goldschmid, Actes de la 6^e conférence internationale « Improving university teaching », Lausanne, 1980.
- (5) R. Paquin, Colloque AUPELF, Louvain-la-Neuve, 1981.
- (6) G. Malglaive, *Éducation permanente*, 1977, 39-40, 63.
- (7) D. Hameline, *Cahiers pédagogiques*, n° 148-149.
- (8) V. et G. De Landsheere, « Définir les objectifs de l'éducation », P.U.F. éd., 1978. D. Hameline, « Les objectifs pédagogiques en

formation initiale et en formation continue », ESF, *Entreprise moderne d'édition*, 2^e éd., 1979.

- (9) P. Parlebas, *Rev. Fr. Pédag.*, 1980, 51, 4.
- (10) Aussubel (1963), cité in réf. (7).
- (11) P. Tamin, *Eur. J. Sci. educ.*, 1979, 1, n° 3, 327. Cl. Lamontagne, Actes du colloque sur la pédagogie universitaire, Montréal, 1979, p. 198. L. Massarenti, *Rév. Fr. Pédag.*, 1979, 46, 30. A. De la Garanderie, « Les profils pédagogiques », Le Centurion, éd. 1980.
- (12) P-PACH (Profil personnalisé d'apprentissage des connaissances et des habiletés), Cl. Major, Collège de Valleyfield, Québec.
- (13) R. F. Mager, « Pour éveiller le désir d'apprendre », Gauthier-Villars, éd. 1969.
- (14) J. E. Ware et R. G. Williams, *J. of medical Educ.*, 1975, 50, 149.
- (15) M. Maurin, *L'actualité chimique*, 1978, 1, 32.
- (16) P. Arnaud, *Unichimie*, 1972, 6, 42.

Réflexions du groupe « CHAPHAM » sur le contrôle des connaissances en sciences physiques (second Cycle des lycées) *

En guise d'exergue

Extrait du bilan de la Commission Lagarrigue
« Ce qu'il restait à faire... » - Février 1977

f) Les aspects docimologiques se posent avec une acuité toute particulière à une science expérimentale : il eut été nécessaire de leur consacrer une étude spéciale.

Par un légitime souci de l'intérêt immédiat de leurs élèves, les professeurs consacrent une part considérable de leur enseignement à les entraîner à résoudre les problèmes de baccalauréat. La résolution de ces problèmes traditionnels, trop souvent réduits à un exercice d'application des formules du cours et à une petite manipulation mathématique, est fréquemment bien éloignée d'une mise en œuvre effective des attitudes de pensée du physicien. *Il en résultera une inefficacité et une distorsion de la réforme si l'on ne met pas au point des méthodes de contrôle originales, et vraiment adaptées aux objectifs que s'assignera l'enseignement.*

[Voir le texte complet B.U.P. n° 597, octobre 1977]

Introduction

A l'instigation du groupe Lagarrigue, un groupe de travail (nommé groupe CHAPHAM) a réfléchi, pendant l'année 1979/1980, au problème du contrôle en physique-chimie au second Cycle. Le groupe CHAPHAM est issu de la collaboration de deux organismes de recherche : le LIRESPT (Laboratoire de l'Université Paris VII) et l'ISP (Institut Supérieur de Pédagogie, organisme de recherche et de formation de l'Institut Catholique de Paris).

Le groupe CHAPHAM a réuni une quinzaine de personnes. Onze ont participé très régulièrement au travail : six sont des enseignants du second cycle, trois sont des enseignants de classes préparatoires, deux sont des enseignants en Faculté.

Environ deux cents professeurs du second cycle ont reçu les textes des exercices produits pour les critiquer. Une vingtaine environ en ont testé avec leurs élèves. Les copies ont été analysées par le groupe.

En fonction des réactions des collègues et du résultat de l'analyse des copies des élèves, nous avons modifié des exercices (et nous en avons supprimé certains).

I. Les buts de la réforme

Une analyse des commentaires du programme, ainsi que des conclusions de la commission Lagarrigue, montre une préoccupation constante : dépasser le cadre d'une simple réforme de programme, et provoquer une modification sensible de notre enseignement en développant le plus possible l'approche expérimentale des notions de base.

On trouvera, en référence, quelques textes du ministre ou de la commission qui montrent bien que cette préoccupation a été l'une des motivations essentielles. Nous nous sommes aussi inspirés des commentaires des nouveaux programmes du second cycle. Ces textes sont fondamentaux, car ce sont sur eux que repose mainte-

nant l'enseignement des sciences physiques et notre travail ne pouvait que s'y référer.

Que peut-on attendre de l'utilisation de l'approche expérimentale dans l'enseignement des sciences physiques ? Le développement qui suit pourra sembler un peu long, mais nous avons tenu à lier très fortement notre réflexion sur les contrôles aux buts que nous pouvions fixer à notre activité quotidienne d'enseignants en sciences physiques.

I. 1. Développer l'esprit d'observation

C'est un lieu commun et c'est bien vague, mais on peut préciser en disant : nous cherchons à rendre les élèves capables de se laisser interroger par un phénomène qui se déroule devant eux.

* Le groupe « CHAPHAM » : Andrée Dumas-Carré, Michel Meallet, Alain Dorange, Michel Fialeire, Antoine Frey, Robert Goix, Philippe Gouley, Marie-Agnès Lahellec, Christian Larcher, Michèle Rousseau, Jeanne Tonnelat.

Pour atteindre ce but, il sera impératif, pour éviter l'échec, d'adapter la forme des contrôles.

En analysant les conditions qui semblent nécessaires à la réalisation de ce premier objectif, on constate qu'il faut, le plus souvent possible, que l'observation personnelle de l'élève précède le cours, de façon à rompre la démarche traditionnelle : « théorie-vérification expérimentale » pour proposer plutôt le schéma : « constatation expérimentale-construction d'une théorie pour rendre compte du réel et permettre de progresser ».

Il est clair qu'une expérience ne fonde pas une théorie et il ne s'agit pas, non plus, de refaire l'histoire avec les élèves. La méthode expérimentale, ainsi employée, cherche juste à suggérer ; elle veut nous éviter de poser, *a priori*, les définitions qui seront utilisées dans le modèle théorique.

Il ne s'agit pas, non plus, de critiquer la recherche théorique ! Mais notre propos concerne l'enseignement secondaire. Ce dernier est un enseignement qui, même dans les sections scientifiques, s'adresse à une majorité d'élèves qui n'exercera pas plus tard une activité découlant directement des sciences physiques. Ainsi, il semble important de privilégier dans l'activité expérimentale l'esprit d'observation, la capacité à voir l'inattendu, à déceler le phénomène significatif, car ce sont des qualités utiles dans bien des domaines autres que les sciences physiques et même dans la vie courante.

I. 2. Rendre acceptable la complexité du réel

Dans la forme d'enseignement qui part de l'exposé théorique modélisé pour présenter les phénomènes physiques, on décèle rapidement deux types de difficultés chez les élèves :

- certains, lorsqu'ils découvrent que la réalité est beaucoup plus compliquée que le modèle simplifié qui leur a été présenté, éprouvent une certaine désillusion ; ils s'estiment trompés ; cette « crise » est bien connue, en particulier en chimie.
- d'autres, à l'esprit plus mathématique, ne peuvent plus accepter une présentation phénoménologique qui ne parte pas, en quelque sorte, d'une base axiomatique.

Pour éviter ces deux types de difficultés, il semble bien encore que la solution réside dans la démarche expérimentale. Dans ce cas, la complexité du réel s'impose d'elle-même avec, comme corollaire, la nécessité et la justification des simplifications.

On peut citer, comme exemple, pour illustrer ce phénomène la chimie des solutions avec, en particulier, la notion de pH. Qui d'entre nous n'a pas rencontré beaucoup de difficultés à admettre (et à faire admettre !), *a priori*, les approximations faites dans les calculs ? Les élèves ont raison quand ils prétendent, qu'avec cette méthode, les dés sont pipés. Il paraît tellement plus honnête, comme nous le proposons les nouveaux programmes, de commencer par mesurer le pH, d'en déduire les espèces prépondérantes et négligeables. On pourra ainsi, dès le départ, justifier les simplifications qu'on fera après dans les calculs.

Ce problème se retrouve constamment en sciences physique où, à force de négliger, on devient négligeant et où la description des phénomènes est complètement coupée du réel. L'un des grands rôles des sciences expérimentales a bien été de réaliser ce long travail de débroussaillage. Nous pourrions donc nous donner comme but, entre autre, de rendre nos élèves capables de réaliser, à leur niveau, cette opération.

I. 3. Faire la différence entre le modèle et le phénomène

C'est aussi l'un des grands problèmes de notre enseignement. On sait bien que l'idée que l'on se fait d'un phénomène reste profondément marquée par la première perception qu'on en a eue ; comment dissocier alors le phénomène de son modèle, si c'est ce dernier qui est présenté le premier ?

Combien de nos élèves (et de nous-mêmes) n'ont-ils pas quitté le secondaire en identifiant l'atome et le modèle de Bohr, en pensant qu'une force c'est un vecteur, en identifiant réaction chimique et « équation de réaction » ?

Cette distinction modèle-phénomène est en soit une opération très délicate, il faut donc la considérer avec beaucoup de sérieux. Là encore, il semble bien que la tâche est plus facile en abordant l'étude des phénomènes par l'expérience. La démarche ainsi réalisée permet de mieux cerner les hypothèses faites au moment de la construction du modèle qui devient ainsi justifié et, surtout, postérieur au phénomène lui-même dans les esprits des élèves.

I. 4. Développer l'esprit critique, la capacité de contrôle

Encore un lieu commun ! Mais comment exiger cette capacité de nos élèves, s'ils n'ont pas les connaissances nécessaires pour l'exercer ? C'est-à-dire comment exiger la connaissance des ordres de grandeur, des processus vraisemblables (c'est-à-dire fréquents), s'ils ne se sont pas trouvés eux-mêmes aux prises avec des résultats expérimentaux assez nombreux, s'ils n'ont pas eu l'occasion de voir les résultats de mesures qu'ils ne pourront pas faire eux-mêmes.

Enfin, comment les rendre capables d'être critiques vis-à-vis d'un modèle s'ils n'ont pas assisté au moins quelques fois à sa fabrication ?

I. 5. Faire acquérir des connaissances de base

Ces connaissances se situent à deux niveaux :

- les concepts de base,
- les informations phénoménologiques.

En d'autres termes, il faut rendre nos élèves capables de manipuler les concepts qui fondent les sciences physiques, par exemple : la notion de force, les caractéristiques cinématiques d'un mouvement, la notion de champ, etc. Mais, il faut aussi qu'ils connaissent avec une certaine précision des données et des lois résultant d'expériences qu'ils n'auront pas faites eux-mêmes. Ce double but est traditionnel dans notre enseignement. Il ne faut surtout pas le négliger, sous prétexte de remettre en avant les buts que nous venons d'énoncer. Ces connaissances de base constituent, en quelque sorte, la charpente sur laquelle le reste s'appuie. Le sens expérimental, la créativité ne s'exercent que par référence à un ensemble de connaissances qui permet des comparaisons et qui indique les méthodes qui se sont déjà avérées efficaces. D'autre part, ces connaissances constituent le cadre historique et social dans lequel notre enseignement doit se situer.

I. 6. Faire acquérir des capacités opératoires

L'exploitation des résultats expérimentaux, le développement des modèles théoriques ne peuvent s'effectuer sans calculs, tant littéraux que numériques. Ces capacités doivent être acquises par les élèves. Ce problème est d'autant plus important que les mathématiciens ne répondent plus de façon évidente à la demande que leur font dans ce domaine leurs collègues physiciens. Notre enseignement doit donc comporter une part non négligeable d'entraînement à ces savoir-faire. Mais, ceux-ci ne sont, pour nous, que des moyens. Cette remarque est très importante, en particulier dans les exercices du type problème : un calcul aussi bien littéral que numérique doit déboucher sur une question d'ordre physique. Or, malheureusement, on trouve encore beaucoup trop de calculs « gratuits ». Dans notre projet, nous nous sommes efforcés de faire très attention au rôle des calculs dans tous les exercices proposés.

Il faut remarquer qu'il y a d'autres moyens que les calculs. Et, curieusement, beaucoup de ces « moyens » ne sont pas, ou peu, utilisés. Le plus connu est, sans doute, l'emploi des méthodes graphiques.

Tous ces moyens sont souvent en eux-mêmes fastidieux à mettre en œuvre et ne valent que par le résultat qu'ils permettent

d'obtenir. Ce qui nous semble important, c'est qu'en aucun cas ces « moyens » ne deviennent une « fin » dans les exercices proposés. Ceci n'est pas facile, car c'est une dérive fréquente que de centrer un exercice sur « l'outil » utilisé plutôt que sur le phénomène physique étudié.

Conclusion

A une réforme des programmes, et un changement de l'esprit de l'enseignement, doit correspondre nécessairement une modification des contrôles utilisés. Nous avons tout naturellement axé

notre recherche sur des types d'exercices capables de tester les capacités que l'on souhaitait voir acquérir par les élèves. Autrement dit, nous avons cherché des exercices cohérents avec les buts que nous venons d'exposer.

Ce que nous proposons pourra sembler à certains assez nouveau (ou banal, c'est selon !); en tout cas, différent de ce qui est proposé à l'heure actuelle aussi bien au baccalauréat que pendant le travail en classe durant l'année scolaire. En fait, le public auquel s'adresse ces exercices n'existe pas encore; ils sont destinés à des élèves ayant suivi un enseignement sur les nouveaux programmes dans l'esprit des sciences expérimentales.

II. Présentation succincte des différents types d'exercices étudiés

II. 1. Les quatre types d'exercices proposés

a) Les questions sur les méthodes et raisonnements expérimentaux (M R E)

Nous avons vu, dans l'analyse des buts que l'on pouvait se fixer en fonction des nouveaux programmes, toute l'importance accordée à l'expérience. Il était indispensable d'en tenir compte au niveau des contrôles.

Les contrôles expérimentaux sont évidemment possibles et très souhaitables mais leur mise en œuvre n'est pas simple; aussi avons-nous essayé de définir un type d'exercice écrit qui testerait des « capacités expérimentales » chez les élèves. Ce terme, bien sûr, est beaucoup trop vague et il faut le préciser.

On peut classer assez grossièrement les « capacités expérimentales » en deux catégories :

- les capacités concernant la manipulation elle-même, du type : habileté manuelle, ordre, sens pratique pour réaliser le montage, etc.,
- les capacités concernant les méthodes et les raisonnements utilisés pendant une expérience, par exemple, capacité d'émettre des hypothèses en fonction d'une situation expérimentale décrite, capacité à mettre en forme des résultats expérimentaux pour les exploiter et en tirer des conclusions, capacité à reconnaître les paramètres pertinents dans une étude, etc.

Il est évident qu'une question écrite ne pourra jamais tester les capacités du premier type. Au contraire, nous avons pensé que les deuxièmes pouvaient l'être. C'est ce que nous avons cherché à réaliser dans les exercices M R E.

b) Le problème

Ce type d'exercice, bien connu de tout le monde, reste indispensable : il teste remarquablement les capacités de formalisation, de calcul et de synthèse. Il permet de concrétiser, au sein d'une démarche de plus longue haleine, les différentes capacités que nous avons définies au début.

III. Présentation détaillée du projet

III. 1. Analyse des quatre types d'exercices

A. Les questions sur les Méthodes et Raisonnements Expérimentaux (M R E)

Il nous a semblé tout à fait important que, dans les exercices différents du problème traditionnel, l'accent ne soit pas mis uniquement sur les connaissances ou la compréhension des concepts, mais qu'une part importante soit réservée à l'aspect expérimental. Comme nous l'avons déjà dit, nous n'avons cherché qu'à tester les objectifs concernant les méthodes et les raisonnements.

Il reste que l'on dérive assez vite dans ce genre d'exercice vers le contrôle d'une démarche à dominante mathématique. Nous tenterons de définir plus loin les principes qu'on pourrait se donner pour éviter ce genre d'écueil.

c) Les questions à réponse courte

Contrairement aux exercices M R E, celles-ci ne testent pas un type précis d'objectifs. Ce qui les caractérise, c'est leur forme : questionnaire à choix multiple, questionnaire à trous, questions à réponse brève d'une ou deux phrases. Ce genre d'exercice est de plus en plus utilisé dans l'enseignement, à l'heure actuelle. Il permet de tester avec rapidité des connaissances ponctuelles, mais aussi, par la forme des questions, il permet de rompre le par cœur pour tester la compréhension d'un concept plus en profondeur que ne le ferait une question de cours traditionnelle.

d) Lecture critique d'un texte scientifique (L C T)

A partir d'un texte scientifique s'adressant à un public non spécialiste (tiré de bonnes revues de vulgarisation ou de la rubrique scientifique de certains journaux), les élèves devront répondre à des questions prouvant leur capacité à :

- extraire les informations de l'ensemble du texte,
- mettre en relation les différentes informations que le texte peut contenir,
- faire le lien entre les concepts ou les méthodes contenus dans l'article et le cours étudié en classe,
- éventuellement analyser l'argumentation utilisée dans l'article.

II. 2. Pourquoi un choix d'exercices différents ?

Si l'on se fixe, comme but final de l'enseignement, la maîtrise d'un certain nombre de capacités, il est indispensable que, en cours d'enseignement, toutes ces capacités soient contrôlées. En effet, ce qui « échappe » au contrôle n'est pas pris au sérieux par les élèves, et est négligé. Un seul type d'exercices ne permettrait pas de contrôler toute la gamme des capacités souhaitables définies au chapitre I. Il faut donc diversifier les exercices proposés aux élèves.

La première condition est, bien sûr, que l'exercice parte d'une situation expérimentale. Mais, ceci est loin d'être suffisant. En premier lieu, nous pensons que dans ce genre d'exercice, il faut éviter les difficultés du type « connaissance du cours ». Prenons un exemple : dans l'exercice n° 3, nous avons fait un rappel concernant la conservation de la quantité de mouvement dans un choc; c'est une difficulté traditionnelle de cette partie du programme. Nous voulions tester dans cet exercice les capacités des élèves à utiliser des résultats pour vérifier une hypothèse. Il nous fallait donc exclure les risques d'erreur dus à la méconnaissance du cours pour être sûr d'atteindre notre objectif. Ceci constitue une

deuxième condition : réduire le nombre des objectifs testés par un exercice et s'assurer qu'ils ont bien traité du genre M R E.

Souvent, les situations expérimentales considérées font référence à des expériences vraisemblablement faites par les élèves (en cours ou en T.P.). On pourra alors faire remarquer qu'on mesure plus la mémoire de l'élève qu'une quelconque capacité. Ceci est inévitable dans tout exercice qui s'appuie sur un programme et ce n'est pas regrettable en soi. Comme nous pensons que l'aspect expérimental est aussi important que le reste, nous croyons qu'il est bon qu'il soit « appris » comme le reste.

Une troisième caractéristique se rencontre assez fréquemment dans ce genre d'exercice : beaucoup de questions n'ont pas une réponse unique. C'est volontaire (il serait plus exact de dire que c'est presque inévitable !). Cela surprend souvent les élèves au début. Dans un premier temps, il faudra donc le mentionner avec soin. Mais, c'est un fait très fréquent dans une situation expérimentale que la réponse à une question soit multiple compte tenu des informations dont on dispose. C'est même la réponse unique qui est l'exception ! Il nous semble tout à fait normal que des élèves rencontrent cette difficulté. On peut même avec raison accuser l'enseignement de trop souvent faire croire aux élèves que la réponse à toute question est unique ! Il faut remarquer cependant qu'il faut manier ce genre de question avec beaucoup de précautions surtout dans un problème ; c'est pourquoi elle nous semble particulièrement à sa place dans les exercices du type M R E.

Enfin, un dernier point nous semble capital : que l'on puisse poser des questions dans une épreuve de sciences physiques qui exigent une réponse comportant autre chose qu'un calcul ; que ce soit un dessin, la construction d'une courbe, une phrase, etc., peu importe !

Nous souhaitons vivement que les élèves imaginent qu'il y a d'autres langages en sciences que le calcul, qu'il soit littéral ou numérique. Cette remarque que nous faisons ici pour les exercices M R E vaut bien sûr pour l'ensemble des exercices.

B. Les problèmes

Ce type d'exercice n'est pas un genre nouveau puisqu'il constitue, depuis des décennies, le cœur de tous les examens. Toutefois, en conservant les caractéristiques classiques de ce type d'exercices (difficulté graduée du début à la fin, synthèse à propos d'une situation d'un certain nombre de connaissances, emploi de certains « outils » mathématiques, applications numériques,...) nous avons essayé de définir quelques règles supplémentaires.

1. Nous avons essayé, systématiquement, de préciser aux élèves, dès le début, le but du problème (par exemple, construire un appareil qui..., comparer telle et telle méthode de mesure,...). Cela interdit bien sûr toute question « gratuite » dont on ne voit pas la nécessité.

Ceci n'est d'ailleurs pas une nouveauté : beaucoup de problèmes dans les annales répondent à cette règle.

2. Nous avons aussi demandé des interprétations des résultats à chaque fois que cela était possible. Ceci n'a rien de nouveau bien sûr, mais souvent, hélas ! ces questions-là étaient négligées par les élèves. Il faut les revaloriser.

3. Nous avons essayé, aussi souvent que cela était possible, de poser des questions qualitatives qui demandent soit une description du phénomène, soit un raisonnement qualitatif, « avec les mains », dirions-nous, avant de poser la question classique demandant l'application d'une formule et un traitement mathématique.

4. Il faudrait aussi revaloriser les méthodes de résolutions autres qu'analytiques (graphiques par exemple, ou par approximations...), mais pour cela un paragraphe préliminaire à l'énoncé du problème, justifiant ces méthodes et rassurant les élèves, est sûrement nécessaire actuellement.

5. Enfin, deux choses nous sembleraient souhaitables (bien qu'elles n'apparaissent pas dans tous nos problèmes) :

- regrouper toutes les valeurs numériques (au début ou à la fin ?) au lieu de les fournir juste au moment où elles doivent être utilisées. En effet, ces valeurs numériques données au compte-gouttes, question par question, fournissent aux élèves des indices qui leur évitent de mettre en œuvre les capacités qu'on voudrait tester ;
- les élèves étant bien prévenus, fournir un ensemble de données plus vaste que ce qui est strictement nécessaire.

Cette façon de faire n'est pas à généraliser dans tous les cas, mais peut être utilisée en fonction des objectifs que l'on s'est fixés.

C. Les questions à réponse courte (Q R C)

Nous ne voudrions pas exposer longuement les caractéristiques d'un genre d'exercice qui est déjà très connu et largement employé.

Voici rapidement les points qui nous ont semblé déterminants et qui nous ont amenés à proposer ce genre d'exercices.

1. Réaliser un test comportant un minimum d'objectifs. En particulier, il évacue le paramètre expression (style, précision, vocabulaire). Ce dernier est largement testé dans les autres exercices. Les exercices Q R C sont des questions de cours « à l'état pur » si on peut dire !

2. Réaliser un exercice qui se corrige rapidement et sans trop d'ambiguïté (mais il faut pour cela que les questions soient rédigées avec soin ! Pratiquement, mais ce point est abordé dans l'article, il faut que l'épreuve ait été testée au préalable).

3. Réaliser un type d'exercice qui évite la routine. Par la diversité des questions posées, on peut rompre le par cœur d'une question de cours traditionnelle.

4. Réaliser un type d'exercice qui oblige les élèves à choisir. On peut en effet adopter le mode de correction suivant, à condition de bien prévenir :
réponse juste + 1 ;
réponse fautive - 1 ;
sans réponse 0.
Une note négative à l'ensemble donne zéro à l'épreuve.

Ce système a été testé. Après un temps de surprise, les élèves s'y habituent bien. Il évite les réponses au hasard, et même mieux, les réponses « à peu près ». Au bout de deux ou trois exercices de ce type, le nombre de points négatifs est assez faible (il devient alors significatif) et les notes s'étalent bien.

5. On peut donner à ces exercices des formes très variées. En particulier, les questions peuvent être indépendantes et on peut couvrir alors un champ assez large dans le programme. On peut, au contraire, coupler les questions de façon à tester par des biais différents la compréhension de certains points et à ne tirer de conclusion qu'après recoupement des différentes réponses.

D. Lecture critique de texte (L C T)

1. Les objectifs.

L'objectif commun à tous ces exercices est le suivant : vérifier si les élèves sont capables, en lisant un texte :

- d'extraire les informations qui y sont données,
- de mettre en évidence les liens, les relations qui existent entre les différentes informations,
- de plus, et suivant le style du texte, on peut envisager les objectifs suivants : faire le lien avec des concepts ou des méthodes vus en cours ; au niveau de la critique, dégager les points d'une argumentation, évaluer si une proposition est démontrée ou seulement argumentée, ou, à l'inverse, si une proposition est réfutée ou si on a seulement apporté des arguments contre ; ce deuxième objectif est beaucoup plus difficile que le premier.

2. La nature des textes.

Les textes que l'on peut employer doivent présenter un caractère de nouveauté pour les élèves; cette nouveauté peut se situer :

- au niveau du langage,
- au niveau des concepts de base.

La piste que nous avons explorée est celle de concepts de base connus des élèves, mais langage différent de celui de l'enseignement. En effet, les textes que nous avons utilisés sont des textes destinés à l'information scientifique d'un public non spécialisé. (Les textes utilisés sont tirés de « *La recherche* », de « *Pour la science* », de la rubrique scientifique du *Monde*, et de diverses encyclopédies.

L'autre voie serait de prendre des textes dans des ouvrages d'enseignement (qui utilisent un langage connu des élèves), mais portant sur un contenu nouveau (la thermodynamique par exemple). On pourrait ainsi utiliser des textes tirés des ouvrages suivants : H.P.P., P.S.S.C., Feynmann.

Nous pensons qu'il ne faut pas en même temps changer le langage et introduire des concepts nouveaux, l'exercice serait alors trop difficile.

Pour des questions de temps, nous n'avons construit que des exercices explorant la première piste.

Une dernière voie à explorer serait peut-être l'utilisation des textes scientifiques. Mais, ce genre de texte doit être utilisé avec une extrême prudence pour un examen (en cours d'année, au contraire, leur utilisation peut être très riche). En effet, nous avons constaté que les élèves avaient de très grandes difficultés à revenir « en arrière », à se situer dans un contexte scientifique et culturel très différent du leur.

3. Quelques règles.

Nous nous sommes fixés quelques règles pour mettre au point ces L C T :

- le texte à lire ne doit pas dépasser environ 500 mots pour que la lecture lente n'excède pas cinq minutes.
- les questions que nous posons, à la fin, doivent, soit avoir leur réponse dans le texte, soit demander de faire le lien entre les notions utilisées dans le texte et les notions du cours.
- Les textes que nous avons utilisés ne sont pas des articles complets (ils sont en général trop longs), mais des extraits. Pour choisir dans un article complet les coupures à faire et les paragraphes à garder, il n'y a pas de règle bien précise à appliquer. Il faut, en fait, avoir *a priori* une idée des questions que l'on posera et garder un ensemble d'informations cohérentes et complètes dans cette optique. Autrement dit, à partir d'un même article de départ, on peut tirer des textes à étudier différents selon l'orientation générale des questions que l'on s'est défini au départ.

IV. Le problème de la correction

Certaines des questions que nous proposons sont des « questions ouvertes », c'est-à-dire qu'elles admettent plusieurs réponses correctes. D'autres sont des questions dont la réponse est davantage au niveau du raisonnement qu'au niveau du résultat final. Juger de telles réponses et y mettre une note demande une méthode de correction différente de celle du barème indicatif qui juge surtout le résultat obtenu.

IV. 1. Une grille de correction : comment ? pourquoi ?

Une même réponse peut être corrigée de différentes façons, en portant l'accent sur un aspect ou sur un autre. Ainsi, une même question peut être plus ou moins « difficile » (en ce sens qu'elle conduit à de mauvaises notes un grand pourcentage d'élèves), selon la façon dont on la corrige. Il est donc nécessaire de bien dégager l'objectif testé, et donc la direction de la correction.

Juger une réponse correcte et complète ne pose aucun problème.

Pour ce type d'exercice, la « règle du jeu » devra être bien expliquée aux élèves pour qu'ils ne soient pas déroutés par la nouveauté de ce genre d'exercices.

III. 2. Les résultats de quelques tests

Nous ne présentons pas de résultats détaillés des tests faits en classe pour plusieurs raisons :

- les tests ont été faits avec des élèves n'ayant pas reçu un enseignement conforme aux nouveaux programmes (certains ont été testés en seconde ou en première);
- l'orientation générale de l'enseignement reçu par les élèves ne mettait sûrement pas l'accent sur l'aspect expérimental des sciences physiques autant que le préconisent les commentaires de programme et autant que le supposent nos textes;
- le nombre d'élèves concernés était très faible (une classe à chaque fois);
- enfin (et c'est le plus important), la façon dont ces tests ont été faits n'était pas du tout contrôlée. Certains exercices ont été faits en classe, d'autres en devoirs à la maison. Certains ont été donnés tels quels, d'autres raccourcis ou modifiés. Enfin, dans certains cas, un seul exercice a été testé alors que dans d'autres cas c'était un ensemble de plusieurs textes.

Ces tests nous ont été très utiles pour la suite du travail et pour préciser nos critères, mais ne présentent pas une validité suffisante pour être exposés complètement ici. On peut toutefois dégager de grandes tendances générales.

En général, les questions comportant un calcul pour lequel l'élève est conduit et qui se résume à « appliquer une formule » sont bien réussies par la quasi-totalité des élèves; En revanche, les questions demandant la mise en œuvre, sans être guidé, d'un raisonnement comportant plusieurs étapes conduisent en général à beaucoup d'échecs. (Dans cette catégorie, on trouve des questions qui demandent l'exploitation d'un tableau de mesure). De même, les questions qualitatives conduisent à des réponses beaucoup plus dispersées. On peut résumer en disant qu'une majorité d'élèves n'y répond pas. Pour ceux qui s'y risquent, le taux de réussite est d'environ 50 %. La façon dont les élèves répondent aux questions M R E est aussi significative : la réponse peut être bonne, mais la justification par référence à l'expérience est très souvent absente. Les questions à réponses courtes ne posent pas de problème, elles sont en général bien réussies. Une surprise : la lecture critique (L C T) est très bien passée et les résultats sont bons (un seul test de L C T a été fait).

Ces essais nous ont montré la pertinence de la remarque faite par la commission Lagarrigue que nous avons mise en exergue à notre travail. Bien que les questions posées figurent dans les programmes actuels, dès que l'esprit s'en éloigne pour rejoindre celui des nouveaux programmes, le taux de réussite diminue sensiblement.

De même, une réponse stupide ou complètement à côté de la question se juge facilement. Au contraire, deux types de réponses posent des problèmes; ce sont les deux cas suivants :

- la réponse est incomplète, mais les éléments qui sont donnés sont corrects,
- la réponse, bien que fautive, présente une certaine logique; l'erreur est facilement explicable et n'est pas très « grave ». Pour rendre, dans ce cas, la correction plus facile et plus homogène, on peut alors établir une grille de correction. Cette grille est, en fait, une façon très condensée de présenter un travail d'analyse de la physique concernée par la question. Cette analyse se fait dans deux directions correspondant aux deux cas de réponses posant des problèmes.

Cette grille est une liste exhaustive des différents éléments de réponses indispensables pour que la réponse donnée soit correcte. Donnons un exemple très simple. Si la question demande « quelle est la vitesse... », les éléments de réponse indispensables sont : la direction, le sens, l'intensité avec une unité. On peut penser que

nous sommes en train de « couper les cheveux en 4 », et que de toutes façons, on le fait toujours en corrigeant. Sur un résultat comme une vitesse, c'est évident, mais sur un raisonnement en plusieurs étapes, cela demande plus de réflexion.

Cette grille est aussi une liste (aussi complète que possible) des erreurs « explicables ». De ces erreurs qui traduisent une certaine logique, un certain degré de compréhension, et auxquelles on ne veut pas mettre un zéro brutal.

Établir la première partie de la grille peut se faire *a priori* par analyse de la (ou des) réponses jugées correctes. En revanche, pour la deuxième partie, bien qu'il soit possible de penser à certaines erreurs *a priori*, l'analyse des copies d'élèves lors du test est une grande aide.

L'établissement de la grille en tant que liste de possibilités ne suffit pas pour corriger les copies. Il faut attribuer à chacune des possibilités recensées (éléments de réponse correcte, ou erreur explicable) une valeur, un certain nombre de points, comme lorsqu'on met au point un barème.

IV. 2. Le cas des questions ouvertes

Nous venons de parler de la correction de questions n'admettant qu'une seule réponse correcte. L'emploi d'une grille de correction,

V. Conclusion

Un immense travail est à accomplir au niveau du contrôle en sciences physiques. Nous mentionnons, plus loin, un travail fait à l'étranger. En ce qui concerne la France, nous savons que beaucoup de travaux ont été faits, en particulier par les enseignants expérimentateurs des nouveaux programmes. Malheureusement, peu de documents ont été publiés.

V. 1. Référence à l'étranger

Cette façon de diversifier les contrôles en plusieurs catégories de questions destinées à tester différents types de capacités est employée depuis plusieurs années en Angleterre pour l'examen correspondant au projet Nuffield. Cet examen correspond, à peu près, à notre baccalauréat, puisque les élèves qui le passent ont 18 ans environ, mais il sanctionne des études spécialisées plus tôt qu'en France.

Il comporte six épreuves différentes uniquement pour la physique. Chacune des épreuves teste un type de capacités donné.

- « Coded answers », épreuve d'une heure, constituée de QCM,
- une épreuve de travaux pratiques avec manipulations effectivement faites de une heure trente,
- « Long answers », épreuve de deux heures correspondant à peu près au problème,
- « Short answers », une épreuve d'une heure trente composée de plusieurs petits exercices demandant une réponse rédigée par l'élève, mais ne dépassant pas 5 à 6 lignes,
- « Comprehension paper », une épreuve d'une heure composée de questions essentiellement qualitatives
- « Special paper », une épreuve de trois heures (dont nous nous sommes inspirés pour les LCT), au cours de laquelle les candidats doivent lire un texte scientifique et répondre à des questions sur ce texte.

Une caractéristique de cet examen Nuffield (outre sa longueur et le caractère très complet des objectifs testés) est le choix laissé aux candidats. Dans presque toutes les épreuves (sauf une et deux), on propose plus de questions qu'il n'y en a à traiter et l'élève choisit. Par exemple, pour les « long answers », cinq problèmes sont proposés et chaque élève doit en traiter trois parmi les cinq.

Ce projet Nuffield est très intéressant pour plusieurs raisons :

- par l'esprit nouveau de la plupart de ces épreuves,
- par le fait que cette expérience se poursuit depuis 5 à 7 ans et

dans ce cas, apporte une plus grande facilité et une plus grande justesse, mais ce n'est pas une nécessité.

En revanche, comment juger deux réponses très différentes, mais acceptables toutes deux à une question ouverte ? La seule solution est alors la grille de correction. Donnons un exemple : une question de type M R E demande de décrire un montage permettant de faire une mesure donnée précisant quel phénomène physique est à la base de la méthode. Des montages différents et des phénomènes physiques différents peuvent être proposés par les élèves. Si on juge la réponse globale, la comparaison sera difficile. Au contraire, si l'on découpe la réponse en éléments, le phénomène physique concerné est-il décrit ? Si oui, est-il bien celui utilisé dans le type de dispositif décrit (est-ce cohérent ?) ; le dispositif est-il décrit de façon complète, de façon correcte ? La façon de faire la mesure est-elle décrite ? Est-ce complet ?... Alors, il devient possible de comparer et de juger de la même façon deux réponses totalement différentes.

En conclusion, cette façon de corriger par grille n'est pas vraiment différente de la façon habituelle avec barème. Cette grille est seulement un barème plus analytique, plus systématique. Pour des questions fermées, elle permet de lever certaines ambiguïtés qui restaient même avec un barème détaillé. Pour les questions ouvertes, cette méthode permet de comparer des réponses nettement différentes, ce que ne permettrait pas un barème.

que ce type de sujets a été plus que testé puisqu'il est devenu effectif.

Toutefois, s'il est bon de s'en inspirer, il n'est pas question de le transposer tel quel pour de multiples raisons : les étudiants anglais sont spécialisés beaucoup plus tôt qu'en France (ils n'ont que trois matières différentes à l'examen équivalant au baccalauréat), ensuite le système administratif anglais est très différent du système français.

V. 2. La nécessité de bien définir ce que l'on veut contrôler

Nous avons beaucoup insisté sur la diversification des exercices de contrôle dans le but de tester des capacités ou des habiletés variées. Une réflexion est préliminaire à tout cela : quelles sont ces capacités, ces habiletés ? En d'autres termes, quels sont les objectifs de notre enseignement ? Que voulons-nous que nos élèves soient capables de faire à la fin du second cycle ? Toute réflexion sur les contrôles débouche donc nécessairement sur une réflexion à propos des objectifs. Mais, si définir les objectifs d'un contrôle est une nécessité, cela n'est pas, tant s'en faut, suffisant pour mettre au point un bon contrôle.

Une aide à la rédaction des contrôles peut être la connaissance des résultats des recherches actuelles sur le « Problem solving ». Ce terme de « problem solving » mérite une définition précise. Un problème, pour un individu, est toute situation dans laquelle la réponse n'est pas immédiate, automatique et demande une construction. La résolution de problème est l'activité permettant de trouver une solution à un problème. Un problème dans ce sens large peut aussi bien être « établir le chemin à suivre pour aller de la porte d'Orléans à la Bastille par le métro » qu'un problème de physique au sens classique du terme, ou encore que l'un des exercices que nous proposons. Ce sont évidemment les recherches concernant les activités d'un individu face à une situation de physique qui peuvent nous être les plus utiles. Les chercheurs travaillant dans ce domaine ont dégagé différentes phases dans l'activité de résolution de problème. La connaissance de ces phases et des activités correspondantes nous permettrait de bien cerner certaines des capacités à tester et les conditions dans lesquelles elles doivent être testées. Ce type de recherche peut donc, à terme, nous apporter une aide.

Remerciements

Nous tenons à remercier tout spécialement le groupe Lagarrigue qui a été à l'origine de ce travail.

Nous remercions également l'I.S.P. et le L.I.R.E.S.P.T. qui ont bien voulu s'intéresser à ce travail et nous ont fourni un cadre institutionnel.

Que le L.I.R.E.S.P.T. et l'U.N.A.P.E.C. qui nous ont fourni les moyens financiers trouvent ici l'expression de notre gratitude.

Enfin, nous tenons à remercier les nombreux collègues du second cycle (tant de l'enseignement public que l'enseignement privé) qui, par leurs critiques et les tests qu'ils ont bien voulu faire exécuter par leur élèves, ont contribué à la mise au point des exercices proposés. Enfin, nous remercions les personnes qui ont bien voulu se charger de la réalisation matérielle de ce document.

Références :

(1) Rapport de la Commission « Enseignement » de la Société Française de Physique, 1970, B.U.P. n° 597, p. 87 à 96; voir en particulier les pages 89 et 92-93.

(2) Réponse de M. Lagarrigue au Ministère de l'éducation, 27 mai 1971, B.U.P. n° 597, p. 13 à 16.

(3) Allocution du Ministre de l'éducation, M. René Haby, le 17 octobre 1975. B.U.P. n° 597, p. 19 à 38; voir en particulier p. 23.

(4) Les nouvelles tâches de la commission Lagarrigue, novembre 1975, M. R. Omnès, B.U.P. n° 597, p. 69 à 78; voir en particulier, p. 71.

(5) Les programmes et commentaires de sciences physiques du second cycle des lycées.

Le B.U.P. n° 597 a été diffusé par la S.C.F. Des exemplaires sont disponibles sur demande au siège.

L'ensemble des textes produits (M R E, problèmes, Q R C, L C T), ainsi qu'une annexe donnant des exemples de grilles de corrections et faisant le point sur l'état actuel des recherches sur la résolution de problèmes, peuvent être commandés ou achetés sur place :

● soit au L.I.R.E.S.P.T., Paris VII, galerie 23-13, 5^e étage, 2, place Jussieu, 75221 Paris.

● soit à l'I.S.P., 3, rue de l'Abbaye, 75006 Paris.



**Société Suisse
de Chimie**

HELVETICA CHIMICA ACTA

Souscription: Vol. 65, 1982, Frs.s. 475.—

En stock: Réimpressions: Vols 1-27 (1918-1944)
Vol. 28 épuisé
Vol. originaux: Vols 29-64 (1964-1981)

Veillez demander la liste des prix-courant

Verlag Helvetica Chimica Acta

Boîte postale, CH-4002 Bâle