

## CONTROLE DES CONNAISSANCES EN FIN DE SECOND CYCLE (baccalauréat) et nouveaux programmes de physique

par S. JOHSUA

*L'auteur montre ici que les questions du baccalauréat traditionnel en physique correspondent en fait à un tout petit nombre de sujets-types où la réflexion sur la situation physique proposée est minimisée.*

*Si l'on pense que la nature de l'évaluation utilisée finit par influencer grandement sur l'enseignement prodigué, une réflexion sur les nouveaux contenus enseignés depuis 1978 doit s'élargir aux contrôles qui peuvent y correspondre, sous peine de maintenir en fait la situation précédente.*

*L'auteur présente quelques propositions qui permettraient en particulier de rompre avec le caractère de « mathématiques appliquées » que prennent souvent les exercices habituellement proposés, en valorisant la multiplicité et l'interaction des cheminements propres au « raisonnement physique ».*

Depuis vingt ans, de nombreuses réformes ont été tentées à travers le monde pour modifier un enseignement de physique unanimement considéré comme vieilli.

En France, la « commission Lagarrigue » a mené de nombreuses études qui se sont traduites par des modifications très substantielles de l'enseignement de la physique dans le second degré : introduction de la physique et de la chimie dès le premier cycle, introduction de sujets nouveaux, de présentations modifiées, etc.

L'année 1981 a vu le premier baccalauréat sanctionnant le nouveau cycle d'étude.

Une étude du système de contrôle des connaissances nécessiterait une analyse englobant des aspects multiples et liés entre eux : aspects institutionnels, administratifs, motivationnels (épreuve obligatoire ou facultative, coefficients, etc.), objectifs visés par l'enseignement, contenus de l'enseignement, etc.

On s'en tiendra ici à deux de ces aspects, et à leur interaction éventuelle : l'analyse des contenus testés d'un côté, les contraintes institutionnelles propres au baccalauréat de l'autre. A notre avis, les choses se présentent de la manière suivante.

Un contrôle de connaissances est toujours un contrôle de **certaines connaissances**, supposées acquises au cours de l'enseignement antérieur, et qu'il s'agit de mettre en forme (ou à contribution) dans les conditions particulières de l'examen.

*Il faut donc se livrer à une analyse de ce que l'on désire contrôler : connaissances factuelles, savoir-faire, acquisitions conceptuelles, méthodologie particulière à la matière, stratégies de résolution de problèmes particuliers, etc.*

Cependant, ce contrôle des connaissances se déroule dans des conditions très particulières quand il s'agit du baccalauréat. Des contraintes puissantes vont apparaître, qu'il s'agisse de contraintes pratiques (limitation du nombre d'épreuves et du temps qui leur est alloué), de contraintes sociales (place du baccalauréat comme couronnement d'une phase d'éducation et reconnaissance sociale du diplôme), de la plus grande normalisation possible de la correction des épreuves, etc.

Ces contraintes vont bien entendu peser directement sur la nature du contrôle. Mais — et c'est un fait à souligner — elles pèsent aussi lourdement sur les contenus effectivement enseignés.

De proche en proche, l'examen modèlera, sinon les têtes de chapitre d'un programme, du moins son contenu effectif. Il servira à distinguer les connaissances jugées importantes de celles considérées comme secondaires.

En conséquence, la position défendue ici est qu'une **réflexion sur de nouveaux modes de contrôle des connais-**

sances doit accompagner la mise en œuvre des nouveaux programmes de physique.

De nombreuses expériences ont déjà été tentées dans ce cadre et des propositions précises soumises à la réflexion [cf. les Cahiers du groupe « Chapham » (\*)].

Dans les pages suivantes, nous allons nous livrer à une brève étude de la structure des sujets traditionnels du baccalauréat (correspondant aux anciens programmes). Nous livrerons ensuite quelques réflexions sur les modifications qui nous semblent nécessaires, tout en tenant compte des contraintes propres au baccalauréat. Nous comparerons enfin ces propositions à celles émises par le groupe Chapham.

## I. — QUELQUES DONNÉES SUR LES SUJETS TRADITIONNELS

### 1. Cadre d'enquête

Nous avons consulté et classé des sujets d'épreuve de physique de baccalauréat dans 9 académies entre les années 1974 et 1980.

Il s'agit uniquement des questions de physique (questions de cours comprises) à l'exclusion des questions de chimie, voire de chimie-physique.

Ces académies sont les suivantes : Aix-Marseille, Nice, Reims, Limoges, Orléans-Tours, Dijon, Toulouse, Grenoble, Poitiers.

Il y a en tout 155 sujets concernant les séries C et E (qui sont communes en ce qui concerne l'épreuve de physique) et la série D.

Nous nous sommes livrés à une analyse globale et non à une étude comparée ou par académie. On verra cependant que les résultats sont révélateurs des grandes tendances.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux suivants.

### 2. Commentaires sur les tableaux

a) *Tableau A* : « Fréquence d'apparition des domaines de la physique dans les problèmes posés ».

La prédominance absolue des **problèmes de mécanique** (c'est-à-dire ceux qui sont traditionnellement clas-

**Tableau A**  
Fréquence d'apparition des domaines de la physique dans les problèmes posés

	Nombre total de sujets : 155
→ Mécanique (ce qui se retrouve sous ce titre dans les manuels)	54
→ Électricité	11
→ Combinaison « <b>électricité</b> », « <b>électromagnétisme</b> » et « <b>mécanique</b> »	51
→ « <b>Ondes</b> » (ce qui se retrouve sous ce titre dans les manuels)	10
→ Combinaison « <b>ondes</b> » et « <b>mécanique</b> »	10
→ Combinaison « <b>ondes</b> » et « <b>électricité</b> »	17
→ Divers	8

Le total dépasse 155 car certains sujets comportent plusieurs exercices

(\*) Il s'agit d'un groupe d'enseignants du second cycle du secondaire et de l'enseignement supérieur qui ont travaillé en liaison avec quelque deux cents autres enseignants.

**Tableau B**  
**Types de problèmes posés**

	Type	Modèles de référence	Commentaires
1	« Ressorts »	Aix-Marseille Série D/1976/session de remplacement	B du même type à lui seul
2	« Ressorts/poulies »	Aix-Marseille Séries C et E/1978/session normale	} 3/4 des sujets de mécanique
3	« Pendules »	Limoges Série D/1979/session de remplacement	
4	Choc/énergie	Dijon Série D/1977/session normale	
4 bis	Mouvement de rotation d'un volant		
5	Cinématique/mouvement accéléré	Toulouse Série D/1975/session normale	
6	Jouet pour enfant	Grenoble Séries C et E/1976/session normale	Sujet hors des modèles types
7	Électricité (courant alternatif)	Orléans/Tours Séries C et E/1976/session normale	
8	Production d'un courant d'électrons. Mouvements dans des champs électromagnétiques	Rennes Séries C et E/1975/session normale	4/5 de l'ensemble de la série III du tableau A (électricité-électromagnétisme)
9	Spectro de masse	Orléans-Tours Séries C et E/1975/session normale	Sujet hors des modèles types
10	Ondes et interférences	Grenoble Séries C et E/1976/session normale	
11	Ondes et effet photoélectrique	Grenoble Séries C et E/1978/session normale	Totalité de la série VI du tableau A
12	Ondes et électricité	Aix-Marseille Séries C et E/1978/session de remplacement	Hors type
13	Production mécanique d'ondes	Nice Série D/1976/session normale	Totalité de la série V du tableau A

sés comme tels) saute aux yeux. Il y a 54 sujets de mécanique qui ne font aucune référence à un autre domaine du programme (1/3 du total), alors qu'il n'y a que 11 sujets du même type en électricité.

51 sujets combinent des données électromagnétiques avec des questions de mécanique (typiquement les mouvements de particules électrisées dans un champ électromagnétique).

Enfin 10 sujets combinent une partie « ondes » avec des questions relevant *plus traditionnellement de la mécanique*. Il y a donc 115 sujets qui touchent explicitement à ce dernier domaine.

- b) *Tableau B* : « Types de problèmes posés ».  
 x) Nombre de situations physiques.

Le nombre de situations physiques proposées à la réflexion des élèves est extrêmement limité. Le type de

**Tableau C**  
**Nature et fréquence des questions de cours de physique**

Type	Libellé type	Nombre
Courant alternatif	« Impédance d'une portion de circuit parcourue par un courant alternatif, comprenant un condensateur et une résistance en série » Orléans/Tours/1976/C, E/ Normale	9
Radioactivité	« La radioactivité $\alpha$ et la radioactivité $\beta^-$ . Précisez la nature des rayonnements émis, et définir la demi-vie radioactive » Dijon/1977/D/session normale	8
Pile Daniell	« Pile Daniell : description et fonctionnement » Grenoble/1976/C, E/normale	18
Effet thermo-électronique	« Décrire une expérience mettant en évidence l'effet thermo-électronique » Grenoble/1975/C, E/normale	5
Effet photoélectrique :	« Effet photoélectrique : — expériences, — lois » Limoges/1975/C, E/normale	4
Interférences lumineuses	« Décrire et interpréter une expérience d'interférences en lumière monochromatique » Orléans-Tours : 1976/D/Remplacement	5
Mécanique	« Énoncé du théorème de l'énergie cinétique. Donner un exemple d'application au solide animé d'un mouvement de translation » Dijon/1974/D/Remplacement	1

questions peut se renverser dans tous les sens (calculer l'élongation d'un ressort tiré par un poids  $P$ , connaissant sa raideur, ou calculer la raideur connaissant l'élongation ; calculer l'intensité efficace dans une branche de circuit connaissant son impédance et la différence de potentiel efficace à ses bornes, ou bien l'impédance connaissant  $I_{eff}$  et  $V_{eff}$ , etc.).

Mais la physique mise en œuvre reste cantonnée à quelques situations types. Le seul « problème des ressorts » revient 8 fois, avec ses trois mêmes questions (sous des formes à peine différentes).

Pour chacun des domaines répertoriés, il y a un problème type.

En tout, sur 155 sujets, cinq ou six ne relèvent pas du problème type de sa catégorie (au sens où la situation physique est différente, même si les formules appelées à être appliquées sont identiques).

Il est ainsi possible de dégager une série de problèmes types (en général un par catégorie) et d'estimer qu'une réflexion sur ce type de problème peut valablement être étendue à l'ensemble.

### 3) Un contrôle extensif des connaissances.

Seuls quelques problèmes s'attachent à l'étude multiforme d'un problème physique particulier.

Le problème n'est pas lié à un but concret, précis (fût-il bâti pour les besoins du contrôle). Ou plutôt, le but est de rechercher le maximum de variété dans les formules mises en œuvre. Les auteurs sont freinés dans cette voie à la fois par la prédominance de la mécanique (c'est-à-dire d'un des domaines par rapport aux autres) et par la rigidité des situations proposées. Mais à l'intérieur de ce cadre contraignant, ils visent moins à une analyse « intensive » de la situation qu'à un contrôle « extensif » des connaissances.

#### c) *Tableau C* : « Les questions de cours ».

Ce tableau montre que si la mécanique est la reine du problème, elle ne s'abaisse pas à faire l'objet d'une question de cours (un seul contre-exemple).

Celles-ci doivent d'ailleurs être soigneusement distinguées de questions de nature « qualitative » ou « expérimentale ». Il s'agit au contraire de questions de pure mé-

**Tableau D**  
Fréquence de présence de certaines méthodes et questions physiques

Types	Modèles de référence	Nombre
Questions « qualitatives »	Orléans-Tours/Séries C et E, série D/1978/session normale N.B. : quatre sur les cinq « questions qualitatives » se trouvent posées dans l'Académie Orléans-Tours. C'est dans cette académie qu'un programme expérimental « Lagarrigue » a été proposé	5
<i>Demande de graphes illustrant une réponse formelle à une question (autres que les constructions de Fresnel)</i>		7
Fournitures de données en surnombre		0
Demande de tableau récapitulatif		1
Utilisation de graphes proposés dans l'énoncé pour répondre à une question du problème	1) Orléans-Tours/1978/C, E, D/ session normale comportant en outre des « questions qualitatives » 2) Utilisation de résultats expérimentaux pour aborder une question de mécanique Orléans-Tours/C, E/1975/session normale	3
Utilisation de tableaux de données proposés dans l'énoncé pour répondre à une question du problème	Limoges/séries C et E/1975 session de remplacement	4
Calcul d'erreurs explicitement demandé. Calcul de « variations »	Dijon/séries C et E/1974/session de remplacement	2

moire, n'impliquant aucun raisonnement de quelque ordre que ce soit.

La variété est encore plus réduite que pour les problèmes.

Il faut toutefois remarquer :

— que la grande majorité des sujets comporte deux questions de cours de chimie ;

— que certaines questions (« la pile Daniell » par exemple) sont à cheval entre physique et chimie.

Mais il ne semble pas que ces restrictions suffisent à annuler la pertinence des remarques précédentes.

d) *Tableau D* : Les « absences significatives ».

ici sont regroupées les « absences », c'est-à-dire un genre de questions qu'on peut s'attendre à trouver dans un problème de physique, mais qui n'y sont présentes qu'exceptionnellement.

x) Les données fournies (variables citées ou valeurs numériques par exemple) correspondent exactement à ce dont les élèves ont besoin pour résoudre le problème. Elles ne sont jamais plongées dans un ensemble plus vaste où l'élève aurait à faire le tri.

3) Tout ce qui relève de données qualitatives et expérimentales est exclu du contrôle des connaissances.

Comme par ailleurs il n'y a pas de contrôle sous forme de travaux pratiques, c'est tout l'aspect expérimental qui est banni, bien que faisant partie intégrante de l'enseignement.

La demande d'aboutir à autre chose que des équations et des applications numériques (courbes, graphiques, tableaux) est rare. L'utilisation de données expérimentales comme point de départ de l'analyse d'une situation est exceptionnelle.

### 3. Analyse du contrôle traditionnel

Nous avons indiqué en introduction comment le contrôle des connaissances était révélateur des connaissances effectivement testées, en même temps qu'il modelait peu à peu celles-ci.

L'analyse des problèmes traditionnels va permettre de mettre en évidence la nature précise des connaissances et le savoir-faire qui sont demandés aux élèves.

Elle nous conduit à avancer les propositions suivantes :

– seules deux étapes du raisonnement physique – à savoir l'utilisation des formules adéquates et les calculs qui en découlent – sont considérées comme des résultats par le correcteur. Toute une série d'autres étapes ou domaines ne sont pas testés directement ;

– le domaine expérimental est exclu du contrôle, ainsi que les méthodes particulières d'approche des problèmes qui lui sont liées ;

– il y a une bonne adaptation du contrôle traditionnel aux contraintes propres au baccalauréat. Mais cela se fait au prix d'une réduction de la physique au rang d'une sorte de « mathématiques appliquées ».

### 1) Ce qui est demandé aux élèves.

– Des connaissances particulières (celles des formules par exemple) qui sont nécessaires pour mener à bien la résolution du problème. Ces connaissances ont fait l'objet d'un enseignement explicite.

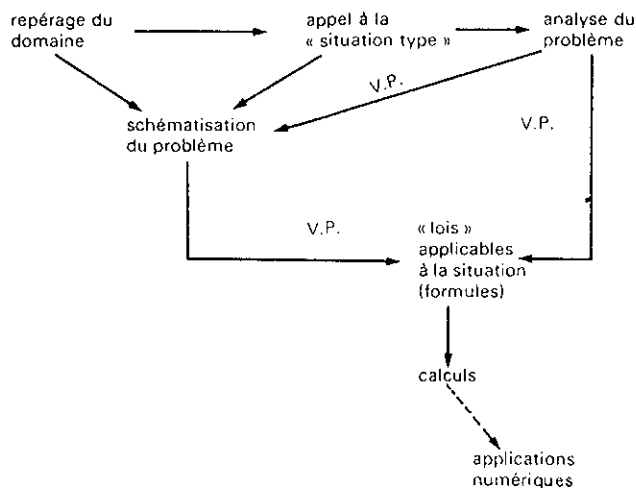
C'est l'objet essentiel du « cours ».

– La possession d'une (ou de) stratégie(s) type(s) de résolution du problème. Ceci ne s'enseigne en général pas en tant que tel. Les élèves l'acquiert tant bien que mal par répétition, extension de stratégies déjà utilisées ou analogie avec celles-ci.

Comme tous les maîtres font de la réussite ou non à résoudre un problème le critère de la compréhension du programme dans le domaine correspondant, la possession de ces stratégies est décisive.

– Exceptionnellement, des capacités d'analyse de la situation physique proposée.

Le schéma ci-dessous tente de rendre compte des mécanismes mis en jeu dans la « résolution problème » du contrôle des connaissances traditionnel.



V.P. : variables pertinentes

### a) Repérage du domaine.

Le premier acte est le repérage du domaine physique concerné par le problème. Celui-ci peut varier à cas échéant le long des questions. Le même schéma se remettra en route. Le premier souci sera : « Est-il question de mécanique ? d'électricité ? ».

Plus précisément, on peut même rechercher un domaine plus restreint : ceci est permis par la restriction du nombre de situations types qui est proposé. On aura ainsi la situation « ressorts », « poulie », etc.

### b) Appel à la « situation type ».

La restriction du domaine permet alors de faire « appel à la situation type » telle qu'elle a déjà été traitée par le maître.

Il s'agit de l'appel direct, fonctionnant comme une sorte d'automatisme et non de l'appel général à des connaissances mémorisées comprenant la connaissance de phénomènes physiques, de lois, de définitions de grandeurs, elles-mêmes en général données par des relations avec d'autres grandeurs. (Qu'est-ce qu'une « période », une « longueur d'onde », etc.). On peut chercher à réduire la part des connaissances nécessaires à la résolution d'un problème. Mais on ne peut les éliminer. Et on ne doit pas le faire. Ce sont en effet ces connaissances qui permettent de conduire l'analyse du problème.

Ce qui est visé ici n'est donc pas la mémoire en général, mais la résolution du problème par la transposition telles quelles de situations déjà étudiées.

### α) Le « problème simple ».

Le premier cas qui se présente est alors du type « problème simple » : une situation déjà vue quasiment telle quelle auparavant.

Ce qui est testé dans ces conditions, c'est la possession d'un (ou de plusieurs) automatismes.

La question posée ici n'est pas l'existence même, inévitable, de tels automatismes. Ni même d'ailleurs leur apprentissage conscient en tant qu'automatismes, c'est-à-dire en tant que savoir-faire, de règles dont les bases théoriques sont destinées à être oubliées. Va-t-on s'interroger sur le mécanisme de la multiplication en système décimal à chaque fois qu'une telle opération intervient ?

La question n'est pas non plus celle de la possession d'automatismes immédiatement productifs dans la pratique, tels ceux utilisés par les techniciens dans la manipulation d'objets techniques, dans la résolution des problèmes concrets qui leur sont posés.

Dans le cas que nous exposons, il s'agit d'automatismes bâtis uniquement pour le contrôle des connaissances, dans le cadre d'un système clos et sans autre pertinence que la réussite à l'examen.

β) Le « problème complexe » et l'analyse du problème.

Le second cas est celui du « problème complexe » où la situation est soit entièrement nouvelle, soit déjà vue, mais nécessitant une sorte de décomposition en éléments simples (cas type du mouvement combiné de plusieurs ressorts).

Une analyse du problème est alors indispensable.

— Elle va d'abord se pencher sur la question type du physicien, qui est aussi celle de l'élève : « **qu'est-ce qui se passe ?** » ; quels sont les phénomènes mis en jeu ? C'est alors un raisonnement de nature **qualitative** où entrent en jeu des connaissances factuelles, la maîtrise de certains concepts et la capacité de les mettre en œuvre en situation particulière.

— Elle va se poursuivre par ce qui représente un début de **formalisation**, la recherche des « variables pertinentes », c'est-à-dire celles qui sont liées à des grandeurs physiques qui vont jouer un rôle dans le problème tel qu'il se présente.

Une discussion rapide avec des élèves, des professeurs de physique ou, encore plus significativement peut-être, des enseignants scientifiques que la physique a rebu-tés, révèle bien vite que ce sont bien les difficultés principales.

« **Qu'est-ce qui se passe ?** », « **Qu'est-ce qu'il faut considérer ?** » sont les questions clés de la résolution d'un problème de physique.

Il faut aborder ces difficultés avec les méthodes propres à la physique et non aux mathématiques. C'est d'ailleurs l'objet essentiel de la recherche en didactique de la physique.

Mais le contrôle traditionnel ne teste pas directement ce genre de questions. Les « questions de cours » ne permettent pas de s'y confronter. Quant aux problèmes, seules leurs deux dernières étapes (formules et calculs) sont prises en compte.

Indirectement le contrôle teste tout de même l'étape de « l'analyse du problème ». Dans le « problème simple » et la situation type, l'analyse a été produite par l'enseignant. Mais dès que l'on sort du « problème type », une analyse du problème menée par l'élève, (au moins en partie) se révèle indispensable.

Comme les raisonnements qui permettraient de conduire l'analyse sont rarement expliqués en tant que tels, on comprend qu'il est inévitable que les sujets se réduisent à des séries types, où l'analyse physique a déjà été faite par le maître. Dans le cas contraire, la complexité des sujets apparaîtrait insurmontable.

Enfin, l'analyse d'une situation complexe peut être conduite formellement avec la seule aide d'outils mathé-

matiques. Mais il semble que cela doit être exceptionnel à ce niveau scolaire.

c) Schématisation du problème.

Nous laisserons de côté les problèmes propres posés par la schématisation (relations avec la modélisation, homomorphisme avec les opérations réelles, etc.). Notons simplement que le schéma apparaît comme une étape indispensable à ce niveau scolaire pour « concrétiser » le problème, le « visualiser ». Il est déjà le produit d'une analyse physique du problème, d'une recherche des variables pertinentes en même temps qu'il permet de poursuivre cette recherche jusqu'à la formalisation.

Même si cette analyse physique n'est pas enseignée en tant que telle, on apprend avec le maître à tracer un schéma électrique, une figure de mécanique.

En cela, la phase de la schématisation se distingue de la phase d'analyse du problème qui demeure le plus souvent masquée. Mais comme cette dernière, elle n'est jamais notée en tant que telle.

d) Formalisation et calculs.

L'objet de tous ces cheminements dans le problème traditionnel est alors atteint : c'est l'utilisation de la **formule adéquate appliquée aux variables adéquates** qui permettra alors de développer les calculs et le cas échéant d'en faire une application numérique.

Comme nous l'avons indiqué au début de cette partie, seules ces deux dernières étapes (formules et calculs) sont considérées comme des résultats par le correcteur.

Exemple : « 1° Sachant que ce ressort a une longueur à vide  $l_0 = 8$  cm et que, chargé du corps c, sa longueur devient  $l = 12$  cm, écrire la condition d'équilibre de c et calculer le coefficient de raideur k du ressort... »

Toute une étape du raisonnement physique (indispensable dès que l'on sort du « problème type »), n'est pas testée directement.

2) *Signification des « absences ».*

L'étude des tableaux récapitulatifs montre que toute une gamme de préoccupations physiques est exclue du contrôle des connaissances.

— On peut citer comme premier exemple l'étude de l'objet technique et la technologie en général où l'acquisition des automatismes a une pertinence concrète (voire sociale) au lieu de n'être que des recettes pour répondre à des exercices écrits.

— Il y a une sous-évaluation de certaines méthodes propres aux sciences expérimentales et même, plus particulièrement, à la physique. Ce qui relève de l'expérimental n'est considéré ni comme objet de savoir (qui à ce titre s'enseigne et se contrôle comme tel), ni comme préoccupation active, ni surtout comme une méthode propre pour aborder certains problèmes.

Ceci est vrai aussi bien de la manipulation des objets techniques, que de l'utilisation de méthodes bâties dans le cadre des sciences expérimentales (utilisation de données empiriques, de tableaux, diagrammes, etc.).

C'est vrai à d'autres niveaux encore : le recours à l'expérience pour résoudre un problème est absent, comme le sont aussi toutes les questions complexes de la liaison entre théorie et expérience, etc.

— Le contrôle traditionnel privilégie aussi outre mesure les capacités de calcul numérique au détriment d'autres capacités très utiles en physique : graphes dont on demande l'allure, ordres de grandeurs, etc.

L'autre extrême se rencontre aussi, où on exige une courbe tracée avec soin sur papier millimétré, alors même que cette précision ne sera pas utilisée.

### 3) *Le contrôle traditionnel et les contraintes du baccalauréat.*

On ne peut, dans le cadre restreint de cet article, se livrer à une analyse approfondie des contraintes dues aux formes spécifiques d'examen. Mais il est clair cependant que celles-ci ont une influence certaine (et dans certains aspects déterminante) sur le contenu du contrôle des connaissances.

Certaines limitations du contrôle traditionnel ne peuvent-elles par exemple provenir des conditions aux limites imposées par l'examen ?

Pour tenter de répondre à cette question, nous allons relever quelques points, qui semblent avoir leur importance.

— Les premières contraintes sont d'ordre **pratique**. La physique n'est pas seule. Le nombre d'épreuves disponibles pour tester les connaissances dans ce domaine est forcément limité ; de même est limité le temps qui lui est alloué.

— Il existe par ailleurs des contraintes d'**ordre social**. Le baccalauréat est un diplôme majeur venant couronner tout un cycle d'études et (jusqu'à nouvel ordre) ouvrant l'accès à l'enseignement supérieur.

La pression sociale s'exerce dans le sens d'une **définition la plus stricte possible de ce qui sera demandé aux élèves, laquelle définition à son tour encadrera étroitement l'enseignement lui-même.**

On peut ainsi, nolens volens, voir se créer une série de « situations types » de problèmes d'examen, et qui seront apprises uniquement en vue de l'obtention d'un diplôme.

Même l'innovation risque dans ces conditions de ne produire que de « nouvelles » situations types, après un temps d'expérimentation par le système scolaire.

— La troisième condition aux limites qu'on peut noter est la transformation du rapport maître-élèves en un rap-

port surveillant-candidat. Dans le cadre de l'examen, aucune indication ne peut être donnée en plus de l'énoncé ; aucune clarification d'une question qui se révèle peu claire ne peut être apportée.

Toute ambiguïté dans l'énoncé du problème — ou pire, dans la situation physique elle-même — peut avoir alors d'importantes conséquences. Le rejet de l'ambiguïté conduit à la définition de situations simplifiées, épurées. Ce qui, en retour, renforce encore la tendance à la solidification de situations types.

— Notons enfin l'important problème de la **correction des épreuves**. Le public s'attend traditionnellement à ce que la part d'appréciation subjective dans la correction d'une épreuve scientifique soit réduite au minimum. On sait qu'une telle « objectivité » n'existe pas. Certaines erreurs sont vénielles, d'autres font sursauter le correcteur.

On peut être plus ou moins proche du « bon résultat », les démarches d'approche peuvent être différentes, etc.

Cependant, on voudra tout de même s'approcher d'une correction la plus normalisée possible. Ce que, justement, permettent le mieux des situations types bien répertoriées et expérimentées.

Ces quelques remarques sur les contraintes du baccalauréat nous amènent à avancer la conclusion suivante : **la structuration des contrôles en séries de situations types est en bonne adéquation avec les conditions aux limites de l'examen.**

### 4) *Quelques conclusions.*

Peut-on alors en déduire que l'ensemble de la structure du contrôle traditionnel n'est déterminé que par les contraintes propres du baccalauréat ? Nous ne pensons pas qu'il en soit ainsi.

Les conditions aux limites de l'examen pèsent effectivement sur le contrôle traditionnel et, toutes choses égales par ailleurs, elles pèseront sur toute proposition nouvelle. C'est une question que nous examinons plus loin.

#### a) Une « mathématique appliquée » ?

Mais cela ne justifie nullement d'aboutir à une **certaine catégorie, bien délimitée**, de situations types : celles qui permettent de **juger la physique comme une sorte de « mathématiques appliquées »** et presque uniquement de ce point de vue.

Peut-être cet aboutissement est-il lié à une certaine conception sous-jacente de ce que doit être l'enseignement de la physique. Celui-ci serait l'apprentissage de mécanismes formels et des calculs qui en découlent, dans une situation plus « concrète » que dans les problèmes proprement mathématiques.

Il faut noter d'ailleurs que ceci n'est nullement con-



tradictoire avec une **survalorisation de « l'observation expérimentale »**. Une certaine expérience sera censée induire automatiquement et unilatéralement une loi. Le label d'authenticité donné ainsi à « la loi » (« vérifiée par l'expérience », indépendamment des conditions de savoir antérieur, de mode de réflexion et de cadre épistémologique qui permettent sa formulation) renforce considérablement son caractère « d'axiome ».

Ce n'est pas un « trop grand formalisme », un trop grand écart avec les préoccupations pratiques qui sont contestables dans le contrôle traditionnel. Du moins pas seulement. C'est surtout que ce formalisme-là n'est que partiellement le produit propre des méthodes de la physique (même abstraites et théoriques).

Ce qui est testé, c'est d'abord des automatismes bâtis dans le champ clos de la préparation à l'examen (ce qui les distingue des automatismes techniques) ; c'est surtout une sorte de mathématiques appliquées, les lois étant considérées comme de véritables théorèmes et le raisonnement se déroulant pour l'essentiel dans le cadre du formalisme mathématique.

#### b) Structure générale des sujets.

On comprend alors la structure générale des sujets proposés, tels qu'ils apparaissent dans les tableaux.

— Prédominance absolue de la mécanique, qui jouit parmi les examinateurs d'un préjugé favorable car elle se prêterait plus aisément au processus de « mathématisation ». Peut-être aussi faudrait-il analyser plus précisément la composition sociologique des examinateurs et le poids de la préparation aux grandes écoles dans leurs préoccupations.

Notons enfin que l'enseignement de la mécanique relève des départements de mathématiques dans maintes universités...

— Restriction du type de sujets proposés car la complexité de l'analyse de situations trop diverses deviendrait rapidement trop grande. Ici jouent à plein les contraintes propres au baccalauréat que nous avons citées.

— Restriction de la réflexion sur la nature précise des concepts physiques mis en jeu. Les tests ne portent jamais explicitement sur l'analyse de situations physiques ; le « qualitatif » est strictement réservé à la question de cours. Il n'est jamais testé en situation de problème ; il est strictement mémorisé. Il n'est pas enseigné comme un intermédiaire indispensable au raisonnement.

#### c) Deux points à noter.

Avant de conclure cette analyse des « sujets traditionnels », deux points doivent encore être notés.

La critique est en général menée au nom de la lutte contre « le formalisme ». Mais, pour nous, il convient plutôt de concentrer la critique contre un certain type de formalisme.

Sinon, certains remèdes proposés contre le mal peuvent se révéler parfaitement inefficaces.

Par exemple, les enseignants incriminent souvent les problèmes d'examen en ce qu'ils seraient « non physique », « abstraits ». Or c'est une critique à notre avis secondaire. Même si l'on se débarrasse du caractère irréal de certaines situations proposées, la structure générale des problèmes peut fort bien être maintenue telle quelle. Même si, au lieu de demander d'analyser les mouvements d'un mobile ou de deux pendules, on parle d'un skieur ou de deux trapézistes, les types des questions posées (et donc préparées) resteront les mêmes.

De même l'abstraction dénoncée peut de fait ne concerner que le vieillissement de la discipline.

Non que de nouvelles découvertes ou de nouvelles théories soient venues contredire les lois sur lesquelles elle était fondée. Mais le décalage est devenu trop grand avec l'utilisation pratique ambiante de la physique dans le domaine considéré, la terminologie a changé, de nouvelles possibilités expérimentales existent.

On changera alors la présentation de matières anciennes (ou même on les abandonnera) et on introduira de nouveaux domaines. Des termes nouveaux apparaîtront. Le contenu de ce qui est enseigné sera changé.

Mais cela ne signifie nullement qu'ipso facto la structure générale de l'enseignement et des contrôles sera changée.

Pour cela, comme nous pensons l'avoir montré, il faudrait que change ce qui est réellement demandé aux élèves, ce que l'on cherche réellement à transmettre et, enfin, ce qui est réellement transmis.

## II. - LES MODIFICATIONS PROPOSÉES

### 1. Remarques préliminaires.

L'élaboration d'un nouveau système de contrôle des connaissances est partie intégrante de la philosophie générale de l'enseignement.

Quel doit être le but de l'enseignement de la physique ? De multiples options existent sur ce sujet, et toutes soulèvent de nombreuses questions. Une réflexion approfondie à ce propos sortirait du cadre restreint de cette étude.

Cependant il peut être utile que nous livrions les options qui guident nos propositions, fût-ce à grands traits et brièvement.

#### a) Des étapes autosuffisantes.

On pourrait se contenter de partir de l'état actuel de la recherche la plus avancée en sciences physiques et en

déduire de proche en proche tous les niveaux d'enseignement en fonction de leur plus ou moins grande proximité d'avec le « top level ». Ce n'est pas notre choix, pour au moins deux raisons :

- la grande masse des élèves ne fera jamais de la recherche en physique et une grande majorité ne retirera (au mieux) qu'un bénéfice indirect de l'enseignement de la physique ;

- il n'est pas du tout évident qu'il soit pédagogiquement possible et efficace de « dégrader », de « simplifier » le savoir universitaire en vue d'une adaptation problématique aux diverses classes d'âge.

Nous pensons au contraire qu'il est nécessaire de définir des **étapes autosuffisantes pour chaque niveau du cursus éducatif**.

#### b) *L'étape du baccalauréat.*

Quels savoirs correspondraient alors à « l'étape » du baccalauréat ? Il faudrait à notre avis pouvoir transmettre les éléments suivants :

- Des **connaissances factuelles** ; en particulier ici la connaissance de certains phénomènes physiques, de certaines liaisons entre eux, etc. La mémoire jouera un rôle décisif dans ce domaine.

- Des **« savoir-faire »** intégrés sous la forme d'automatismes propres à la discipline. On pense d'abord ici aux savoir-faire pratiques, en électricité par exemple. Mais la notion peut être élargie à toute méthode qui aide à la résolution de problèmes pratiques ou abstraits, en situation scolaire ou extra-scolaire, sans en passer par les bases conceptuelles qui fondent la validité de ladite méthode (exemple déjà cité de la multiplication).

- Des **savoirs conceptuels** qui permettent de fonder les automatismes, de décider du moment où on les utilise et surtout d'en créer de nouveaux ou d'étendre leur champ d'application.

La différenciation entre ces trois types de notions, pour commode qu'elle soit, peut toutefois paraître arbitraire. Si on prend l'exemple de l'addition, les niveaux se séparent aisément :  $2 + 2 = 4$  est une « connaissance factuelle » ; l'algorithme de l'addition est un « savoir-faire » et utiliser à bon escient une addition dans un problème relève d'un « savoir ».

Mais que dire de l'affirmation : « La terre tourne sur elle-même en 24 heures et autour du soleil en une année » ? La séparation en niveaux est là plus difficile.

C'est en même temps une « connaissance factuelle », et un « savoir-faire ». On peut, sachant cela, se repérer dans la succession du jour et de la nuit, voire des saisons. Et c'est aussi un « savoir conceptuel » d'une grande importance si l'on réfère aux concepts qui permettent de fonder la validité de l'affirmation !

Toutefois, sans contester que la classification citée

est approximative, nous essayerons de montrer qu'elle est productive.

Ce sera l'objet des propositions de structuration du contrôle des connaissances qui suivent.

#### c) *Utilisation directe et indirecte de l'enseignement.*

La nature de ces connaissances devrait enfin permettre d'atteindre simultanément les objectifs suivants :

- permettre une mise en pratique directe de ces savoirs (utilisation dans la vie courante, formation ultérieure technique et professionnelle ou encore poursuite d'études de plus haut niveau) ;

- permettre une utilisation indirecte des savoirs :

- soit sous la forme d'une extension des méthodes apprises en physique à d'autres domaines scientifiques ou sociaux : repérer un phénomène dans la complexité du réel, des relations de causalité ou, simplement, savoir lire un graphe, un diagramme, etc. ;

- soit sous une forme culturelle plus vaste : compréhension, même partielle, du monde qui nous entoure, aptitude plus grande à décortiquer les informations parées du label « scientifique », etc.

## 2. Quelques propositions.

### 1. *Introduction.*

Si l'on se rapporte à l'analyse du contrôle traditionnel et aux quelques remarques préliminaires que l'on vient de lire, il apparaît qu'il faudrait modifier les choses de la manière suivante.

- a) Réintroduire (ou introduire) des méthodes propres à la physique.

On a vu en effet que certaines modalités d'approche d'un problème de physique étaient exclues du contrôle traditionnel. C'est en particulier le cas de la réflexion qualitative et surtout le cas de l'appui sur des données empiriques et, plus largement, de la démarche expérimentale.

Dans ces conditions, ce sont des catégories entières de savoirs et de savoir-faire qui ne font pas l'objet d'un contrôle et d'un apprentissage spécifique, et l'on rate ainsi des objectifs importants que l'on peut assigner à l'enseignement en physique.

- b) Mettre au centre des préoccupations « l'analyse de problèmes » et ses différentes étapes.

Face à une situation physique à étudier, il est toujours nécessaire de clarifier les questions suivantes : « qu'est-ce qui se passe ? », « qu'est-ce qu'il faut considérer ? »

Mais le contrôle traditionnel s'exerce sur des sujets où cette analyse n'apparaît pas indispensable, le plus souvent parce qu'elle a été faite auparavant par le maître sur quelques situations types.

Le savoir-faire testé de cette manière se réduit alors à un automatisme fonctionnant en champ clos, pour et par l'examen. Les savoirs conceptuels ne sont pas développés, approfondis et étendus.

Là encore, les objectifs de l'enseignement de physique décrits dans la partie précédente ne peuvent être atteints qu'en faible partie par ce système.

Les propositions qui suivent veulent montrer qu'une autre voie est possible. Il s'agira de distinguer les différentes étapes de l'analyse de problème (repérage des phénomènes physiques en œuvre, analyse des variables pertinentes, formalisation, etc.).

c) Rompre avec une approche trop mathématique et trop axiomatique du problème de physique.

Réduire la part de l'analyse de problème à la portion congrue, limiter le genre de méthode d'approche d'un problème en physique au seul couple « formule/calculs » conduit à présenter le problème de physique comme un exercice de « mathématique appliquée ».

Cela peut correspondre à une vision particulière de la place de l'enseignement de la physique, qui nous paraît au demeurant fort restrictive.

Le type de connaissances factuelles, de savoir-faire, de savoirs conceptuels que l'on peut transmettre dans un tel cadre est en conséquence fort limité.

Si on veut changer et élargir ce cadre, si l'on veut réaliser les propositions (a) et (b) ci-dessus, il faut changer substantiellement la structure des problèmes traditionnels.

d) Réduire l'appel à des situations types, autant que faire se peut.

Comme on l'a montré en analysant la structure du contrôle traditionnel, une de ses caractéristiques principales est la restriction du type de situations physiques proposées à l'étude.

Mais si cette caractéristique est la plus immédiatement apparente, il est vain de vouloir la traiter isolément.

Elle est le résultat des choix sous-jacents pour le contrôle traditionnel encore rappelés ci-dessus : restriction des méthodes d'approche et sous-estimation de la place de l'analyse du problème qui se traduisent dans une survalorisation d'une approche « mathématique » voire axiomatique.

Le changement de ces choix et de ces options initiales doit en toute logique se traduire par des propositions de contrôle réduisant largement le passage par des situations types.

Cependant nous avons noté aussi que cette structuration en situations types des sujets traditionnels correspondait très étroitement aux puissantes contraintes institutionnelles pesant sur le baccalauréat. Ces dernières

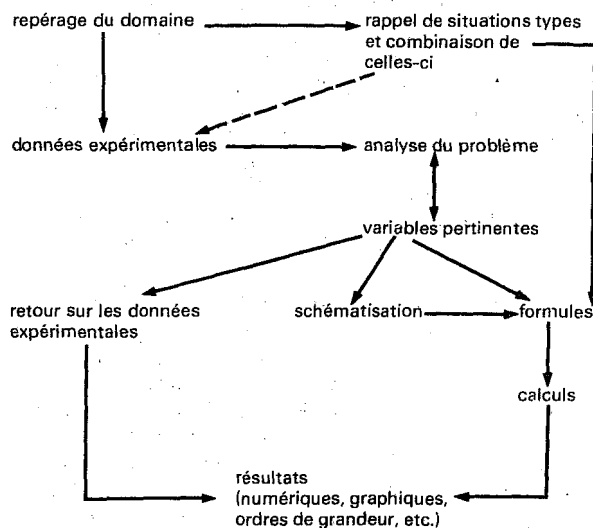
pèseront aussi sur un nouveau système de contrôle, avec, en particulier, cette tendance de fond qui pousse à la systématisation en « sujets types » des questions proposées.

Respect des contraintes institutionnelles et réduction de l'appel à des situations types apparaissent donc comme des données contradictoires.

Dans quelle mesure cette contradiction est-elle surmontable, c'est ce que nous tenterons d'estimer à la fin de cette partie.

## 2. Un schéma modifié.

Les objectifs exposés ci-dessus peuvent être représentés par le schéma ci-dessous :



a) Le rappel de « situations types » est relativisé.

Bien entendu, on ne peut exclure que des chemine-ments comparables à celui du « problème simple » puissent être demandés, par exemple pour mettre en confiance les élèves au début d'un exercice.

Mais d'une manière générale, les connaissances mémorisées et les situations types emmagasinées doivent être combinées pour aboutir à une analyse correcte de la question.

Cela devrait éliminer la possibilité de résoudre un problème sans passer par son analyse, mais exclut aussi des situations tellement étrangères à ce que connaît l'élève que la difficulté deviendrait insurmontable.

b) La « démarche expérimentale » peut faire l'objet *direct d'un test* (\*).

Ceci aussi bien quand la fourniture de données expérimentales peut suffire à l'analyse d'une situation (une fois le domaine repéré et les situations types passées en revue), que sous la forme inverse où la production de données concrètes est l'objectif du problème.

c) Le dégagement des variables pertinentes suit **explicitement** l'analyse du problème et peut aider en retour à la conduire.

d) La nature des résultats demandés n'est pas une formule ou son « application numérique ». La variété peut être grande : résultat numérique précis (avec calcul d'erreur par exemple), graphe dont on donne l'allure, graphe précis qui servira à son tour à la lecture directe d'une valeur numérique, etc.

e) La formalisation et les calculs qui en découlent *gardent leurs caractères centraux*. Encore une fois, ce qui est en cause dans les contrôles traditionnels, ce n'est pas la formalisation en tant que telle, mais soit son aspect d'automatisme (ce qui est alors jugé, c'est la capacité de calcul), soit son caractère par trop axiomatique.

Il s'agira ici d'une formalisation qui demeure le plus souvent une voie de passage obligée pour la résolution du problème, mais obtenue plus qu'auparavant par le canal propre du raisonnement physique et l'analyse physique du problème.

### 3. Une contrainte nouvelle, des tests diversifiés.

Aux contraintes institutionnelles qui demeurent (et dont les conséquences seront analysées plus loin) s'ajoute ici une contrainte supplémentaire : la **diversification des domaines et méthodes testés**, la tentative de dépasser le strict « rappel de situation type » peut parfaitement **dépasser le niveau qu'on peut attendre raisonnablement d'élèves de terminale**.

Notre avis est que la possibilité de répondre à un problème qui engloberait en même temps tous les aspects de notre schéma dépend de la possession d'une certaine masse de connaissances préalables, d'un niveau de capacités, d'expérience et de familiarité avec la science physique qui n'existent pas au niveau du baccalauréat.

Faut-il alors renoncer aux modifications proposées ? Nous préférons quant à nous (suivant en cela des expériences menées à l'étranger et les initiateurs du groupe Chapham) **essayer de tester séparément des apprentissages différents**, d'explorer les zones du schéma par des épreuves séparées.

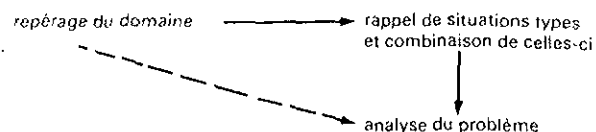
a) Les questions qualitatives.

Le premier type d'épreuve pourrait ainsi tester les

(\*) Voir plus loin une analyse plus précise de ce que peut recouvrir le terme général de « démarche expérimentale ».

capacités d'analyse de situation autour de **questions qualitatives**.

La zone du schéma explorée de cette manière correspond au cheminement suivant :



Par des questions brèves, portant sur des situations particulièrement dépouillées, on peut exercer les élèves à repérer précisément les phénomènes physiques à l'œuvre (« connaissances factuelles ») et à **dégager la signification profonde des concepts** (savoir conceptuel). Il doit s'agir uniquement de questions d'ordre qualitatif où le recours aux calculs doit être **exceptionnel**.

Loin des anciennes « questions de cours » qui n'impliquent que le recours à la mémoire brute, ce genre de questions devraient être des questions de **compréhension** du « cours », ce qui fait une grosse différence.

Considéré ainsi, ce genre de test peut représenter une voie privilégiée pour permettre l'**apprentissage de ce qui est le « point aveugle »** des problèmes traditionnels : l'analyse de problème.

b) Les méthodes expérimentales.

Le deuxième type d'épreuves devrait permettre de tester l'utilisation des **méthodes expérimentales**. Ces termes (« méthodes expérimentales ») peuvent recouvrir plusieurs domaines différents :

– il peut s'agir de la familiarisation avec les objets techniques et leur fonctionnement, de l'apprentissage d'une manipulation des instruments, de l'apprentissage de « savoir-faire » pratiques ;

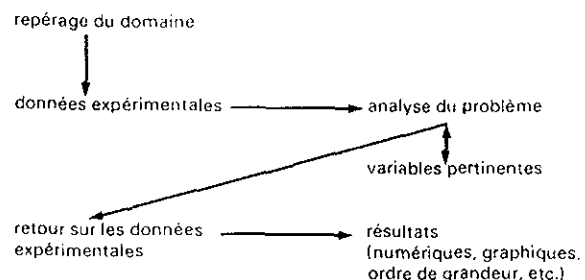
– il peut s'agir de la familiarisation avec certains savoir-faire expérimentaux et avec les outils propres aux sciences naturelles : savoir lire, utiliser ou produire un tableau, un diagramme, un graphe ; rechercher la précision des mesures ; repérer des ordres de grandeur. Ce genre de méthode dépasse d'ailleurs le champ de la physique proprement dite ;

– il peut s'agir de la résolution expérimentale d'un problème posé. Trouver le schéma de principe d'un va-et-vient peut se révéler une tâche difficile pour un élève de terminale. Mais la manipulation d'interrupteurs et d'une lampe conduira beaucoup plus sûrement au résultat ;

– il peut s'agir enfin de la liaison entre la théorie et l'expérience, entre les **régularités concrétisées** par les lois physiques et la complexité du réel.

Tous ces domaines sont souvent regroupés sous le vocable « expérimental », mais ils sont malgré tout différents et demandent à être testés différemment.

Globalement, la zone du schéma concernée est la suivante :



#### α) Tests écrits.

Certaines « méthodes expérimentales » peuvent être testées en dehors du recours à l'expérience proprement dite : c'est le cas de la manipulation d'outils mathématiques comme les graphes, les tableaux ; c'est le cas de certains résultats qui peuvent être demandés (ordres de grandeurs,...), etc.

Il est ainsi possible d'intégrer directement ce genre de test dans des questions de problèmes, ou même des questions qualitatives.

#### β) Tests pratiques.

D'autres domaines nécessitent d'évidence le recours à la mise en pratique pour pouvoir être testés : familiarité avec les instruments, possession de « savoir-faire » pratiques, ou résolution expérimentale de problèmes, etc.

**Mais c'est aussi le cas pour le dernier domaine (liaison entre théorie et expérience).**

C'est que pour mener à bien une expérience, une manipulation soignée et une bonne connaissance d'outils mathématiques spécifiques sont nécessaires, mais non suffisantes.

Il faut de plus savoir distinguer le (ou les) phénomènes qu'on veut étudier de la multitude d'autres qu'on classera comme parasites ; il faut choisir la bonne voie d'approche pour l'étude d'un phénomène, juger de l'ambiguïté ou non des résultats obtenus ; répondre à la question : « Y a-t-il une erreur (et laquelle) qui empêche d'obtenir le résultat attendu ? », (question immédiatement productive dans la résolution expérimentale du problème du va-et-vient par exemple), etc.

Or, toutes ces questions ne peuvent surgir qu'au cours de l'expérience elle-même. Tester la réflexion théorique sur « l'expérimental », sans passage à l'expérience pratique, revient à ne tester qu'une partie de ce domaine (par exemple, la capacité à imaginer une expérience).

Autant certains savoir-faire expérimentaux peuvent être testés en dehors de la conduite d'une expérience, autant le test de ce qui, dans « l'expérimental », relève de la liaison entre théorie et expérience, exige, à notre avis, le recours à une épreuve de travaux pratiques. En définitive, l'introduction de tests sur les « méthodes expérimentales » pourrait se traduire :

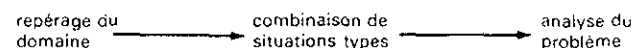
~ par le renouvellement du genre de questions posées dans les tests écrits (problèmes et questions qualitatives), c'est-à-dire par l'intégration de savoir-faire et d'outils mathématiques importés du « domaine expérimental » ;

~ par l'institution d'une épreuve pratique apte à tester (outre le soin expérimental et l'utilisation d'outils mathématiques propres) la manière dont les élèves font le lien, à leur niveau, entre théorie et expérience.

#### c) Analyse de textes scientifiques.

Le troisième type de test concerne la capacité d'utilisation des connaissances factuelles et des connaissances conceptuelles dans des domaines relativement étrangers aux savoir-faire communément connus par les élèves.

La zone du schéma ainsi explorée est la suivante :



Il s'agira de vérifier des capacités de synthèse des connaissances de situations types, et d'élargissement de leur domaine d'application.

Au mieux, l'étape « rappel et combinaison de situations types » devrait pouvoir être mise entre parenthèses comme étape disjointe. Suivant en cela les propositions du groupe Chapham, la forme la plus adéquate pour ce genre de test semble bien être l'analyse de textes scientifiques.

L'intérêt de ce genre d'épreuve peut apparaître de plusieurs points de vue :

α) apprentissage du « repérage de domaine », qui est utile dans tous les cas, comme on l'a vu précédemment, mais rarement enseigné pour lui-même. On pourrait ainsi retrouver, à la lecture d'un texte, à quels domaines déjà connus la mémoire doit faire appel pour arriver à en comprendre l'essentiel.

β) Mise en présence d'un « problème » déjà résolu. L'analyse de situation change alors de sens. La question testée n'est plus : « qu'est-ce qui se passe ? » (cette question est d'ores et déjà résolue dans le texte), mais « pourquoi et comment en est-il ainsi, en partant des notions que vous connaissez ? ».

γ) Développement des capacités à distinguer les arguments dans un article, et, dans une certaine mesure.

de la capacité d'observation (ne serait-ce qu'en s'appropriant la méthode d'observation mise en œuvre par un autre).

d) Le problème.

Le dernier genre de test qu'on peut proposer est bien entendu le **problème**.

Il doit, à notre avis, demeurer la pièce maîtresse du contrôle des connaissances. Il doit permettre de tester les capacités d'analyse de problème, de dégagement des variables pertinentes, de formalisation et de calcul.

En principe (mais en principe seulement), il peut recouper l'ensemble du schéma que nous avons proposé. Mais nous avons déjà indiqué que cela conduirait sans doute à une trop grande complexité.

On peut même imaginer d'autres genres de problèmes :

– description circonstanciée d'un phénomène et demande d'hypothèses pour en rendre compte. Calculs conduits ensuite sur la base de ces hypothèses (test de repérage de domaine et d'une branche de la démarche expérimentale) ;

– trouver les conditions à fixer pour aboutir à un comportement attendu (test d'une branche de la démarche expérimentale et de l'analyse de problème) ;

– fournir des données en nombre insuffisant et demander aux élèves d'expliquer celles qui leur manquent pour répondre aux questions (test de mise en évidence des variables pertinentes).

Cependant, dans le cadre d'un problème, cela peut conduire à des sujets dont la complexité est trop grande.

Sans renoncer à ce genre de questions, il vaut mieux les renvoyer aux autres catégories de contrôle, ce qui permettrait de restreindre de manière significative l'ampleur des difficultés.

Est-on alors contraint d'en rester à la structure du problème traditionnel ?

Rappelons que le cheminement le plus classique dans ce cas est le suivant :

rappel de situation type  $\xrightarrow{\text{VP}}$  formule  $\xrightarrow{\quad}$  calcul).

Nous pensons quant à nous qu'on peut apporter tout de même des modifications significatives, portant au moins sur les trois points suivants :

– que le rappel de situation type ne soit plus systématique et que donc une **analyse du problème** soit nécessaire, ne serait-ce que sous la forme d'une combinaison de situations types.

La recherche des variables pertinentes peut de même être « forcée » par la fourniture de variables en surnombre par rapport à ce que nécessite la question posée :

– que les cheminements résolutoifs soient plus nombreux. Cette diversification sera en fait limitée compte tenu du niveau des élèves. Mais on peut au moins introduire à part entière les données expérimentales dans un cheminement résolutoif supplémentaire ;

– que l'objectif du problème soit modifié. Cela d'ailleurs devrait être possible, en partie, même dans le cadre du problème traditionnel.

Le type de problème qui semblerait correspondre le mieux à ces exigences est celui où l'on présente aux élèves une **seule situation physique générale**, mais qu'on étudiera de **manière approfondie et de plusieurs points de vue**.

#### 4. Complémentarité des types d'épreuves.

Idéalement, les trois épreuves autres que le problème explorent des **zones disjointes** du schéma proposé.

Elles testent **différemment** des capacités **diversifiées**, ce qui correspond à l'option que nous avons choisie. Ce faisant, elles devraient (idéalement toujours) permettre un apprentissage approfondi de domaines qui n'étaient qu'effleurés dans le contrôle traditionnel.

La dernière zone du schéma (formalisation et calculs) appartient en propre au problème. Mais celui-ci n'occupe pas seulement une zone du schéma complémentaire de celles qu'occupent les autres tests. Le problème fait appel à toutes les capacités déjà testées par ailleurs. Cependant, sous peine de répétitions inutiles, il doit le faire différemment. Il n'y a pas d'intérêt à ce qu'il soit un **récapitulatif du contrôle des connaissances**.

Il doit par contre tester :

– la capacité de **mise en œuvre**, dans une situation précise, de connaissances testées pour elles-mêmes par ailleurs ;

– la capacité de **combinaison** ces connaissances en vue de permettre la formalisation des questions posées et les calculs qui en découlent.

Le problème occupait déjà ce rôle de synthèse dans le contrôle traditionnel. Outre le changement de la structure du problème lui-même, la nouveauté résiderait ici dans le fait que l'apprentissage approfondi de certains domaines se traduise par une **aide décisive pour conduire à bien l'étude du problème**.

#### 5. Les contraintes institutionnelles.

Nous faisons le choix de mener notre réflexion en supposant que l'essentiel des contraintes exposées dans la partie I sera maintenu.

La question qui se pose alors est de savoir si les innovations proposées sont adaptables aux contraintes sans perdre leur sens profond.

Répondre à cette question exige d'analyser l'effet

de chaque type de contrainte, effet qui peut être qualitativement différent dans chaque cas.

#### a) Contraintes matérielles.

Les propositions que nous faisons exigeraient que l'on dispose d'une épreuve de TP en plus de l'épreuve écrite. Peut-on, compte tenu du temps disponible (sans parler des contraintes financières et d'encadrement), envisager une épreuve de TP ?

Il ne semble pas que ce soit possible dans l'état actuel des choses.

La conséquence en est qu'une partie décisive de ce qui devrait être testé (« la démarche expérimentale ») ne pourrait pas l'être. Mais une autre partie de ce qu'aurait comporté une épreuve pratique (utilisation de « savoir-faire » adaptés à la physique) peut être intégrée directement au problème (utilisation ou demande de courbes, résultats numériques, etc., cf. partie 3, c). Restent alors : **le problème, les questions qualitatives, les lectures et analyses de textes scientifiques.**

Si l'on s'en tient à l'épreuve unique de physique, le choix est alors le suivant :

– Soit maintenir le temps actuel imparti à l'épreuve de physique-chimie et éliminer la lecture de texte (LCT).

En effet, celle-ci demande du temps pour lire le texte, surmonter le dépaysement inévitable, repérer les domaines et comprendre les questions. Mais si la LCT ne peut être posée, le risque est de retomber dans le classique « problème » agrémenté des classiques « questions de cours ». Le risque est réel, mais moins grand qu'il n'y paraît car les questions qualitatives sont loin des « questions de cours » et la structure du problème peut être largement modifiée.

– Soit augmenter le temps imparti à l'épreuve (d'une demi-heure par exemple) et poser les trois genres de tests, le problème occupant la moitié du temps total.

Le cas échéant, des modalités différentes pourraient être arrêtées selon les séries du baccalauréat.

#### b) Correction des épreuves.

Pour ce qui est de la correction des épreuves, les contraintes peuvent être plus aisément surmontées.

Pour les questions qualitatives, on peut les coder carrément sous la forme de questions à choix multiples (QCM). Les réticences à ce sujet sont énormes parmi les enseignants qui y voient une atteinte au caractère propre du raisonnement scientifique.

Pourtant il s'agit là d'une pudeur mal placée. Les QCM demandent une intense réflexion pédagogique et didactique ; à un certain type de situations correspond un certain nombre de réponses types qui reviennent systématiquement. Les relever, comprendre les méca-

nismes internes à la réflexion des élèves qui y conduisent, voilà qui devrait permettre d'élaborer des QCM efficaces.

Pour la lecture et l'analyse de texte, les choses sont inévitablement plus complexes. Les modes d'approche du texte, les modes de réponse sont beaucoup plus variées qu'en situation de problème classique.

Il semble inévitable que la part de subjectivité du correcteur soit plus grande que dans les autres cas. Les critères de correction peuvent être fournis aux correcteurs, mais seront beaucoup plus indicatifs que contraignants. Cela suppose de plus que la lecture soit fermement guidée par les questions de l'énoncé. Mais ce n'est nullement là réduire son intérêt ; au contraire, cela peut être la condition de la viabilité de l'épreuve.

#### c) Contraintes sociales.

Restent alors toutes les contraintes sociales. Comme nous l'avons exposé dans la première partie, elles poussent toutes au maintien des fondements du contrôle traditionnel, le « rappel de situations types ».

Nous pensons que la pression sera identique pour transformer en ce sens les propositions que nous faisons, malgré les déclarations d'intention. C'est ce genre de contraintes institutionnelles qui semblent avoir mis en difficulté les réformes menées dans certains pays étrangers.

Le cadre contraignant de l'examen bride donc incontestablement les potentialités des innovations proposées.

Toutefois, le genre de modifications proposé est à même de contrecarrer au moins partiellement ces tendances de fond.

Nous plaçons beaucoup d'espoirs pour ce faire sur la **diversification considérable** qui devrait découler :

– de l'introduction de plusieurs types d'épreuves disjointes ;

– de la modification de la structure des problèmes par la réduction de « l'appel aux situations types ».

Est-ce que toutefois, à la longue, les contraintes institutionnelles ne conduiraient pas à la même stérilisation que nous connaissons aujourd'hui ? La question reste ouverte.

#### 6. Quelques conclusions.

Nous pensons avoir montré qu'il est possible de proposer un système de contrôle des connaissances qui élimine les défauts majeurs que nous avons relevés dans le contrôle traditionnel.

De plus, nous avons la conviction que ce système est en bonne adéquation avec un enseignement se fixant les objectifs qui nous semblent les bons en physique.

Que l'on considère la transmission de connaissances factuelles, de savoir-faire, de connaissances conceptuelles ; la liaison et la mise en œuvre de ces trois ni-

veaux de connaissance ; les retombées indirectes et l'utilisation directe de l'enseignement de la physique, tout ceci peut être testé par le système proposé.

Mais deux butoirs empêchent de prolonger trop loin ces conclusions :

— le niveau raisonnablement attendu d'élèves de terminale. Ceci doit nous rendre prudents. Il ne s'agit pas de « faire plus compliqué », mais de faire autre chose et autrement. Il ne faut jamais perdre de vue que des questions apparemment simples peuvent nécessiter un bagage préalable important ;

— les contraintes institutionnelles, et surtout celles qui découlent du rôle spécifique du baccalauréat.

Ces contraintes limitent considérablement la portée d'une quelconque innovation.

### III. — LES PROPOSITIONS DU GROUPE CHAPHAM

Le groupe Chapham a soumis récemment des propositions d'innovation du contrôle des connaissances qui lui semblent correspondre à la philosophie générale des nouveaux programmes.

Ces propositions (ainsi que certaines expériences étrangères comme le Nuffield Project en Grande-Bretagne) ont d'ailleurs largement alimenté les réflexions que nous soumettons dans la partie II du présent travail.

Nous voulons maintenant comparer ces propositions avec ce qui nous semble devoir être fait.

#### 1. Buts et moyens

##### a) Objectifs.

Le groupe Chapham relève six objectifs généraux que doit atteindre l'enseignement des sciences physiques :

1. « Développer l'esprit d'observation ».
2. « Rendre acceptable la complexité du réel ».
3. « Faire la différence entre le modèle et le phénomène ».
4. « Développer l'esprit critique, la capacité de contrôle ».
5. « Faire acquérir des connaissances de base ».
6. « Faire acquérir des connaissances opératoires ».

Ces six objectifs ne recourent que partiellement ceux que nous avons présentés comme étant nos « options ».

Le point 5. par exemple (« faire acquérir des connaissances de base ») regroupe des niveaux de connaissances que nous avons présentés séparément (connaissances factuelles et conceptuelles). Or, il s'agit bien de niveaux séparés (au moins en première approximation). La conséquence de cette séparation apparaît surtout quand on

cherche à définir des étapes autosuffisantes pour chaque étape du cursus (savoirs factuels et savoir-faire voyant leur importance relative rehaussée dans les étapes initiales).

Mais on peut cependant penser qu'il s'agit en l'occurrence surtout d'une différence de présentation plus que de contenu.

Il n'est pas certain qu'il en soit de même pour les 4 points qui définissent des objectifs dépassant le cadre de la physique.

Nous avons quant à nous présenté ce genre d'objectifs de manière moins ambitieuse (cf. II, A, c). Ce qu'avance le groupe Chapham peut difficilement être contesté en tant que souhait, mais n'est pas toujours dépourvu d'ambiguïté.

Examinons par exemple les deux premiers objectifs. S'agit-il d'opposer « l'expérimental » au « formel », le « concret » à « l'abstrait » ? On raterait alors les cibles principales.

Ainsi « l'esprit d'observation » ne dépend-il pas étroitement d'autres niveaux de capacités, par exemple de « connaissances de base », de « connaissances opératoires », voire de la capacité à distinguer « modèle et phénomène » ?

Voilà par exemple comment MM. Cessac et Tréherne introduisent la notion de poids (2<sup>e</sup> C. F. Nathan, 1973). « Pour soulever ou maintenir un corps quelconque, nous devons faire un effort : nous avons la sensation très nette que le corps est tiré vers le sol.

Si le corps est lâché, il tombe, c'est-à-dire qu'il se rapproche du sol.

Des observations familières de ce genre montrent que les **corps sont attirés par la terre**. Cette action de la terre sur la matière est la pesanteur. »

On se demande dans ces conditions pourquoi des observations si « familières » n'ont conduit à la notion d'attraction terrestre (et plus généralement d'attraction universelle) qu'il y a quelques centaines d'années...

D'ailleurs Chapham indique clairement qu'il ne faut pas tomber dans une démarche strictement empiriste :

« 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. »

Mais il faudrait à notre avis aller plus loin : les deux dernières capacités citées par Chapham conditionnent les deux premières.

Tant il est vrai que c'est uniquement dans une utilisation pratique d'une science particulière, avec la métho-



dologie propre à cette science, que peut s'acquérir un point de vue général (ici, celui du physicien) qui alors, et alors seulement, pourra utilement irriguer la compréhension de situations concrètes.

b) *Les propositions de Chapham.*

Chapham propose un système de contrôle qui innove dans de multiples domaines : nouveaux contenus testés, nouvelles méthodes mises en œuvre, nouvelle articulation du type de problèmes posés.

Cela se traduit par la proposition d'introduire quatre types d'épreuves distinctes :

- + des « questions sur les méthodes et raisonnements expérimentaux » (MRE) ;
- + des problèmes ;
- + des « questions à réponses courtes » (QRC) ;
- + des « lectures critiques de texte » (LCT).

L'analyse comparée de ces propositions avec les nôtres nous conduira à avancer les appréciations suivantes :

– des éclairages différents existent sur la finalité des enseignements ; mais l'esprit général des propositions Chapham va **incontestablement dans le sens d'une réponse positive aux faiblesses principales du contrôle traditionnel** ;

– il y a cependant dans les propositions Chapham une sous-estimation possible des deux butoirs que nous avons notés dans la partie II : degré de familiarité avec la pratique de la physique que nécessite la réponse à certaines questions ; facteurs institutionnels.

## 2. Les QRC

Il s'agit de petits problèmes qui appellent un raisonnement d'ordre qualitatif. Ils correspondent parfaitement à ce que nous souhaitons voir introduire avec les « questions qualitatives ».

L'utilité de ce genre de questions (dont Chapham fournit un échantillon varié et adapté) a déjà été notée. Élevée au rang de question d'examen, la QRC peut permettre par ricochet un changement dans la conception de l'enseignement de la physique. Et, en retour, se traduire par des progrès dans l'épreuve « problèmes ».

Cependant on nous permettra d'insister sur la nécessité que la situation à traiter soit dépouillée et sans ambiguïté. Sinon on peut glisser soit dans le genre « problème », soit même en arriver à une difficulté trop grande.

Par exemple on fait tourner un disque métallique avant de le plonger, à l'instant  $t = 0$ , dans une induction magnétique uniforme. On propose plusieurs solutions sur ce qui va se passer (le disque ralentit, ou accélère, s'arrête brusquement, etc.).

Or la réponse à cette question nécessite soit la pos-

session d'un « bon sens physique », (qui provient en fait d'une longue expérience), soit la manipulation de bien des intermédiaires. La façon même dont le courant se répartit dans le disque est loin d'être évidente.

Aussi, à moins d'avoir étudié la question telle quelle, l'élève peut être troublé et avoir des difficultés à répondre.

## 3. Les MRE

Voilà comment Chapham présente sa série : « Il nous a semblé important... que 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 ».

Mais pour cela, il faut :

– « exclure les risques d'erreurs dus à la méconnaissance des cours » ;

– admettre que : « 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 » ;

– admettre que : « beaucoup de questions n'ont pas une réponse unique » ;

– admettre enfin : « ... que l'on puisse poser des questions dans une épreuve de sciences physiques qui exigent une réponse comportant autre chose qu'un calcul ».

Et Chapham de proposer l'instauration d'un test écrit sur les MRE. Or cela soulève de multiples problèmes, même quand on a admis la justesse des affirmations précédentes prises une à une.

Car derrière le terme « raisonnement expérimental », plusieurs acceptions peuvent se glisser (comme nous l'avons expliqué dans la partie II, 3, b). S'il s'agit de considérer la manipulation de savoir-faire et de méthodes « expérimentales » (tableaux, valeurs numériques, graphes, etc.), rien n'empêche de la tester par écrit.

Mais il n'en est pas de même pour d'autres domaines de « la démarche expérimentale ». Nous avons expliqué qu'en ce qui concerne ces autres domaines la possibilité de les **tester complètement est strictement liée au passage à la pratique sous la forme d'une épreuve de travaux pratiques**. C'est pourquoi la forme écrite du test MRE chez Chapham pose problème. A notre avis, à part quelques-uns des sujets proposés, les autres MRE peuvent relever soit du genre QRC, soit du genre « problème » (à condition de ne pas pousser jusqu'aux calculs).

x) Genre QRC : « Un enfant joue à faire tourner un caillou au bout d'une ficelle... A un moment, la ficelle casse. »

Suivent des questions qualitatives et une question relevant de l'analyse de problème (« Faites la liste des données numériques qui seraient nécessaires pour traiter effectivement le problème. »).

Le commentaire de présentation dit d'ailleurs : « Objectif : raisonner qualitativement sur une situation. Raisonner sur les cas possibles, même s'ils ne sont pas réalisés. »

β) Genre « problème » : Il s'agit par exemple de l'étude d'un pendule conique. On demande (entre autres) de dessiner la trajectoire de la boule ainsi que les vecteurs agissant sur la boule en précisant le repère de référence (→ « analyse de problème ») ; d'établir une expression littérale de la tension supportée par la tige du fil (→ « paramètres pertinents »), etc.

Le commentaire de présentation dit : « décrire un phénomène connu, évaluer l'influence d'un paramètre, mettre en évidence des limites de fonctionnement ».

γ) Restent alors les exercices qu'on ne peut rattacher aux genres précédents et qui relèvent nettement d'une MRE prise en tant que telle.

a) *Produire des protocoles d'expériences connues.*

« Quelle(s) expérience(s) pouvez-vous proposer pour convaincre des camarades que l'accélération en un même lieu est la même pour tous les corps ? »

Commentaire : « Décrire soigneusement une expérience connue. Contrôler des variables ».

Le « soin » dont il s'agit ici ne peut être le « soin » manipulateur puisqu'on n'effectue pas la manipulation. Mais même le « soin » apporté au **protocole** ne peut prendre son sens pour un élève qui ne **pratique pas lui-même l'expérience**. Sur le papier n'existent pas ces phénomènes connexes qui viendraient justement perturber grandement la « conviction des camarades »...

Si « précision » il y a, elle a de fortes chances d'être formelle, relevant moins d'un apprentissage de MRE que d'une « question de cours » ancien style.

Comment alors éviter qu'un bachotage ne s'institue sur ce genre de questions ?

b) *Produire des protocoles d'expériences nouvelles pour l'élève.*

Répondre à de telles questions est incontestablement du domaine MRE. Malheureusement, et pour autant qu'il s'agisse bien « d'expériences nouvelles », cela suppose, comme nous l'avons déjà expliqué dans la II<sup>e</sup> partie un solide bagage préalable, une « masse critique » accumulée sans laquelle la créativité peut s'exercer un peu au hasard, mais certes pas pour **produire une expérience structurée**.

c) *Répondre en utilisant un matériel expérimental fourni.*

« Exploitation d'une carte marine et des échos radars obtenus par un navigateur ».

Commentaire : « ... Résolution autre qu'analytique ».

Ce genre de questions, comme nous l'avons déjà signalé, peut fort bien trouver sa place dans un problème.

En conclusion, il nous semble que si l'on veut tester pleinement l'acquisition de MRE, alors il faudra **probablement en passer par une véritable épreuve pratique**. Il faudra sans doute aussi mener une réflexion ad hoc, les actuels TP ne pouvant être transposés tels quels.

Seule une épreuve pratique nous semble être à même de retourner les choses, l'analyse du problème et l'analyse qualitative étant mises au service de la conduite, de la compréhension de l'utilisation de l'expérience dont la démarche propre pourra être alors soumise à l'apprentissage et au contrôle.

#### 4. La LCT

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

a) d'extraire les informations qui y sont données,

b) de mettre en évidence les liens, les relations qui existent entre les différentes informations. »

Cette présentation **correspond parfaitement aux objectifs présentés dans la partie II, 3, c.** Et Chapham en fournit d'excellents exemples.

Chapham explique ensuite que deux pistes sont possibles :

– « Concepts de base connus des élèves, mais langage différent de celui de l'enseignement. »

– « Langage connu des élèves, mais portant sur un contenu nouveau (la thermodynamique par exemple. »

Comme les propositions du groupe ne portent que sur la première piste, on peut difficilement juger de la 2<sup>e</sup>. Il nous semble cependant que même non combinée à la première, cette deuxième possibilité (langage connu, concepts nouveaux) soit bien complexe.

Ne peut-on supposer malgré tout que des concepts nouveaux nécessitent un langage différent ?

Quoi qu'il en soit, la voie exposée ici paraît prometteuse. Nous avons relevé dans la 2<sup>e</sup> partie quelques objectifs que cette voie permettait d'atteindre. On peut essayer de voir de plus, si cette proposition permet de tester et de développer « l'esprit critique ». On se rappelle qu'il s'agit là d'un des objectifs visés par le groupe Chapham. Or, la mise en pratique de ce vœu est rien moins qu'évidente.

On peut entendre par « esprit critique » la capacité d'un élève à avoir un esprit critique sur sa propre activité scientifique ; on peut entendre la capacité de l'élève à porter un regard critique sur le mode d'exposition des savoirs, etc. Ces capacités sont décisives sans doute pour l'apprentissage de la discipline.

Mais si cette critique doit s'exercer à l'encontre du

« savoir constitué » et de ses contenus, c'est une toute autre affaire ! Il est illusoire de penser qu'une telle critique puisse être menée sans possession d'un bagage de haut niveau. Ce genre de « critique » doit en conséquence être menée et orientée par des pairs.

Or, (et c'est là une chose très intéressante), il apparaît possible d'utiliser la LCT pour ce faire :

- par des questions construites par les enseignants pour guider la critique et permettre alors à l'élève de voir que, même à un niveau élaboré, la science physique peut se critiquer ;

- par des lectures « historiques ». De nombreux auteurs ont attiré l'attention des pédagogues sur la nécessité d'une approche historique de certains concepts.

Or quel est le domaine où apparaissent le plus clairement des « concepts connus dans un langage différent » que le domaine « historique » ?

Tout en étant prudent sur ce genre de propositions (la difficulté peut être rapidement trop grande) et en insistant pour que cette LCT soit encore plus guidée que les autres genres, on peut peut-être y voir une piste intéressante.

## 5. Le problème

Les exemples proposés par Chapham correspondent dans une large mesure aux objectifs synthétisés dans le schéma présenté dans la 2<sup>e</sup> partie.

Le choix fait par le groupe est celui où une même situation est analysée de plusieurs points de vue différents, ce qui semble bien être le plus adéquat.

Deux écueils sont toutefois à éviter :

- si les propositions Chapham d'une épreuve particulière de QRC sont retenues, on ne voit pas l'utilité d'en mettre du même type dans le problème lui-même au risque de troubler le raisonnement de l'élève ;

- le second pose une question d'une autre ampleur. Il faut éviter de fournir aux élèves une situation où l'analyse du problème (« qu'est-ce qui se passe ? ») demande une connaissance approfondie du domaine mis en jeu, des phénomènes qui s'y produisent, etc.

On aboutit ainsi rapidement à des difficultés qui peuvent apparaître trop importantes pour des élèves de terminale.

## 6. Les contraintes institutionnelles

Les contraintes du baccalauréat sont-elles compatibles avec les innovations proposées ? Chapham n'ana-

lyse pas cette question directement, mais semble postuler que oui. Il fait les propositions suivantes :

a) « L'épreuve aurait la même durée que l'épreuve actuelle. Elle comporterait obligatoirement les phases 1 et 2 (NDR : MRE et problème). Le choix entre les phases 3 et 4 (NDR : QRC et LCT) pourrait être aléatoire en fonction de la section considérée. »

Nous avons longuement expliqué pourquoi il était difficile de concevoir un test écrit de MRE. A notre avis, il vaut mieux intégrer ce qui peut l'être, soit au problème, soit aux QRC et d'ailleurs surtout au premier. C'est possible comme le montrent amplement les propositions du groupe.

Rappelons aussi que nous avons jugé irréaliste le maintien tel quel de la durée de l'épreuve si on veut y ajouter une LCT.

b) Pour ce qui est de la correction, Chapham propose la constitution d'une « grille de correction » qui s'attacherait à envisager non seulement les « réponses justes » et les « réponses fausses », mais aussi les réponses approchées, les « erreurs explicables », etc.

C'est une idée d'un grand intérêt, qui peut d'ailleurs, en retour, améliorer la rédaction des problèmes eux-mêmes pour peu que l'élaboration de la grille soit concomitante de celle du problème.

On s'étonnera cependant que, dans la logique de cette proposition, Chapham ne propose pas de structurer les QRC en QCM (cf. 2<sup>e</sup> partie, 5, b).

c) Le fait le plus notable de cette partie de la discussion est, malheureusement, une absence. Chapham traite les contraintes matérielles les plus immédiates de l'examen (nature et durée des épreuves, correction, etc.).

Mais il laisse de côté des contraintes bien plus puissantes (comme nous l'avons décrit ci-dessus), qui risquent de détourner de leur objet les meilleures intentions.

Outre que des espoirs importants peuvent se retrouver déçus dans quelques années, on s'interdit ainsi d'essayer d'évaluer précisément les effets probables des innovations proposées.

C'est pourtant bien une des questions principales à discuter !

Samuel JOHSUA  
Faculté des sciences de Luminy  
Département de physique

## Remerciements

M. Hulin a eu l'idée de ce travail. Ses suggestions et critiques m'ont été extrêmement profitables. Qu'il en soit ici remercié.