A propos du contrôle des connaissances

Nous vous présentons dans les pages suivantes le travail qu'un groupe de collègues, le groupe CHAPHAM, a effectué pendant l'année 1979-1980 sur le problème du contrôle des connaissances. Ce travail a été réalisé à l'instigation du groupe LAGARRIGUE dont l'Union des Physiciens est une des trois composantes.

Les textes qui suivent n'ont aucun caractère officiel ; ils sont destinés à amorcer une discussion qui devrait permettre, à terme, de faire évoluer la nature des épreuves de contrôle des connaissances notamment au niveau du baccalauréat, afin de ne pas compromettre l'évolution de l'enseignement des Sciences physiques inaugurée par la mise en place des nouveaux programmes. Ils ont été présentés à l'Inspection Générale et il nous a paru utile de les porter à la connaissance de tous les membres de l'Union des Physiciens par le canal du Bulletin.

Il ne nous a pas été possible de publier la totalité de ce travail. Par contre, nous avons envoyé 2 exemplaires du rapport complet à chaque Président de Section académique.

Nous souhaitons qu'un dialogue s'engage et pour cela nous vous proposons trois types d'intervention :

1. Faites part au bureau de l'U.d.P. de vos remarques et critiques. Dans ce cas, il ne doit pas s'agir de critique de détail sur tel ou tel texte d'exercice mais plutôt de critique de fond.

2. Intéressé par le style des exercices proposés, vous souhaiteriez peut-être tester l'un ou l'autre dans votre classe. Consultez pour cela le dossier complet auprès de votre Section académique. Votre choix fait, prenez contact avec le groupe CHAPHAM en précisant le niveau (2me, 1re, T) et le thème souhaité. Vous recevrez en réponse communication de la procédure à suivre et en particulier de grilles de corrections.

3. Certains d'entre vous peuvent désirer mettre au point des textes de contrôle du même type. Ce travail est difficile à faire en solitaire mais pourrait être conduit au sein d'un établissement par l'ensemble des professeurs de Sciences physiques. Il serait intéressant, dans ce cas, que vous communiquiez votre travail au groupe CHAPHAM afin que la discussion se poursuive.

La correspondance concernant les points 2 et 3 doit être adressée à : Mme Andrée DUMAS-CARRÉ,
L.I.R.E.S.P.T., Université Paris VII,
Tour 23-13, 5me étage,
2, place Jussieu - 75221 Paris Cedex 06.

Nous espérons que ce travail retiendra votre attention. Le B.U.P. fera écho à vos réactions et pourra continuer à publier les textes des exercices mis au point.

Le Bureau de l'Union des Physiciens.

Quels que soient la philosophie et le contenu d'un programme d'enseignement, son efficacité réelle est en grande partie déterminée, au bout de quelques années, par les modalités de l'examen auquel les professeurs doivent préparer leurs élèves.

Le Groupe LAGARRIGUE a donc estimé qu'une nouvelle approche des questions des baccalauréats était fondamentale pour l'évolution de l'enseignement des Sciences physiques. Telle est la motivation du travail que le Groupe CHAPHAM a effectué depuis un an.

Par des aller et retour entre la production d'exercices et l'analyse des copies d'élèves à qui ces exercices ont été proposés, et par une réflexion sur les buts de l'enseignement et les « qualités » ou « capacités » que l'on souhaite faire acquérir aux élèves, le groupe a dégagé des orientations générales de ce que pourrait être l'examen et produit des exemples. Ces orientations et quelques textes constituent l'article suivant.

L'axe principal du travail de ce groupe est le suivant : définir un certain nombre d'exercices *cohérents* avec les nouveaux programmes. Cette cohérence se situe à trois niveaux :

— l'équilibre entre la physique et la chimie ;

— l'équilibre entre les différentes parties du programme ;

— l'équilibre entre les différentes capacités testées par l'épreuve.

C'est sur ce dernier point que le groupe CHAPHAM a fait porter l'essentiel de son effort. En effet, pour assurer la cohérence (au niveau des capacités testées) entre l'examen et les programmes, il ne faut pas que tous les exercices, même bien répartis sur tout le programme, testent la même capacité. Par exemple, la capacité des élèves à utiliser un formalisme établi et leur « habileté » pour le traitement mathématique. Il faut aussi tester des capacités liées aux méthodes et aux raisonnements expérimentaux : capacité d'analyse d'une situation réelle, capacités de modélisation, capacités de résolution utilisant des méthodes autres que le calcul analytique... On pourrait ainsi en citer bien d'autres. C'est d'ailleurs une part importante du travail de mise au point d'un examen que de recenser et classer les différentes capacités à tester.

André GUINIER,

Président du Groupe Lagarrigue.

REFLEXIONS DU GROUPE « CHAPHAM » SUR LE CONTROLE DES CONNAISSANCES

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 A 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 adoptées aux objectifs que s'assignera l'enseignement.*

[*voir le texte complet B.U.P. n° 597 - octobre 1977*]

Introduction.

I. Les buts de la réforme.

II. Présentation succincte du projet d'épreuve :
   1. Présentation.
   2. Analyse et justification rapide des propositions.

III. Présentation détaillée du projet :
   1. Analyse des quatre types d'exercices.
   2. Les résultats de quelques tests.

IV. Le problème de la correction de l'épreuve.

V. Conclusions :
   1. Référence à l'étranger (Nuffield).
   2. Le problème de l'usure des exercices.
   3. Quelques propositions.

VI. Quelques exemples des quatre genres d'exercices :
   1. Exemples de M. R. E.
   2. Exemples de problèmes.
   3. Exemples de Q. R. C.
   4. Exemple de L. C. T.

INTRODUCTION.

Le groupe CHAPHAM a réuni une quinzaine de personnes. Onze ont participé très régulièrement au travail :

— Six sont des enseignants du second cycle du secondaire,

— Trois sont des enseignants des 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. Un certain nombre (une vingtaine environ) en ont testés 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 supprimés certains).

Nous voulons faire une remarque préalable concernant notre travail.

Certains exercices proposés ne sont pas du programme de terminale. Cela ne signifie pas que nous souhaitons que l'épreuve de baccalauréat porte sur l'ensemble du programme du second cycle. Simplement, notre travail nous a conduit à définir différents types d'exercices et nous avons voulu définir et étudier en quelque sorte « des genres littéraires ».

Pour cela, il fallait tester ces exercices avec des élèves. Or, il y a peu de terminales expérimentales ! Alors, nous avons pensé qu'un type d'exercice pouvait aussi bien être testé sur le programme de première (et même de seconde pour certains) que sur le programme de terminale.

Pour la commodité de la lecture, nous avons regroupé les exemples d'exercices à la fin de l'article.

I. LES BUTS DE LA REFORME.

Il ne nous a pas été possible, bien sûr, de réfléchir sur la forme du baccalauréat sans examiner au préalable la réforme des programmes de Sciences physiques du second cycle. Celle-ci se situe elle-même dans le cadre plus large des travaux effectués par et autour de la commission LAGARRIGUE. Ces derniers, en effet, ont non seulement conduit à cette réforme, mais aussi à l'introduction de l'enseignement des Sciences physiques dans le premier cycle.

Si on analyse l'ensemble des travaux, on trouve une préoccupation constante chez la grande majorité (pour ne pas dire la totalité) des participants : dépasser le cadre d'une simple ré-

forme de programme, mais 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 bien eux qui fondent maintenant l'enseignement des Sciences physiques et notre travail ne pouvait pas ne pas s'y référer.

Une réforme, soit, une modification essentielle imposée à l'enseignement de notre discipline, en effet, mais on peut se poser naïvement la question :

Pourquoi tout cela ? Quelles raisons ont milité pour provoquer ces changements ?

En d'autres termes, 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 le baccalauréat 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.

Si on accepte de se donner ce but, il faudra comme pour le reste, en tenir compte dans la forme de l'examen, si l'on ne veut pas qu'il devienne rapidement un vœu pieux !

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.

Ceci constitue le premier but que nous avons cherché à intégrer dans la forme de l'examen.

I.2. Rendre acceptable la complexité du réel.

Dans la forme de l'enseignement qui part de l'exposé théorique modélisé pour présenter les phénomnènes physiques, on arrive assez vite à 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, dans un autre domaine, 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 eu 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 proposent 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 physiques où, à force de négliger on devient négligent 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 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 soi une opération très délicate, il faut donc la considérer avec beaucoup de sérieux. Là encore, il semble bien qu'on se facilite beaucoup la tâche 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 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 euxmêmes.

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 remetre 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 qu'en référence à un ensemble de connaissances qui permet les 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.

La réforme des programmes nous conduit donc à modifier notre enseignement. Ceci pose en soi un certain nombre de questions, dont la formation des enseignants, les moyens matériels et financiers mis à leur disposition. Ces problèmes ne sont

pas mineurs, mais ils ne faisaient pas l'objet du travail de notre groupe.

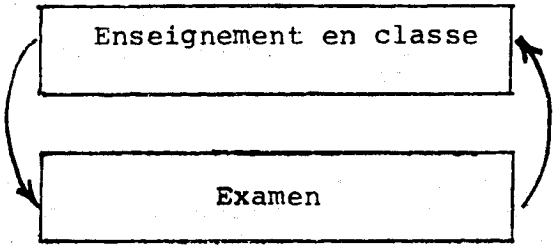
Nous avons voulu aborder le problème de l'examen : l'épreuve des Sciences physiques au baccalauréat.

Si on réforme les programmes et si on veut changer l'état d'esprit de l'enseignement, il est évident qu'il faut modifier le type de l'épreuve proposée aux candidats. 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. Mais il serait sans doute vain de chercher une cohérence parfaite. Tous les buts proposés ne sont pas également testés et certains exercices sont très spécialisés. L'ensemble ne couvre pas toute l'étendue du champ possible. Nous envisagerons dans la conclusion comment on peut essayer d'harmoniser au mieux l'ensemble d'une épreuve.

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. Proposé tel quel aux élèves actuels pour un examen, il les dérouterait certainement et pourrait être considéré comme difficile et à la limite malhonnête. En fait, le public auquel s'adressent 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. Il faudrait donc une période de transition qui permettra, d'ailleurs, une expérimentation à plus grande échelle que celle déjà réalisée et ainsi une meilleure définition des exercices proposés.

Il nous semble tout à fait important que le genre d'épreuve proposé à un examen soit défini aussi clairement que possible auprès des élèves et des professeurs afin que personne ne soit pris au dépourvu. Nous ne cherchons nullement à tester les capacités des élèves à s'adapter à un type d'épreuve inattendu.

Notre recherche veut s'intégrer dans un cycle :



En effet, l'examen doit être conforme aux objectifs que l'enseignement s'est fixé, et, dans ce sens, il doit lui être subordonné. C'est pourquoi nous avons tenté de définir, au début les objectifs qu'on pouvait assigner à la réforme.

Mais tout le monde sait que la nature de l'examen conditionne la façon dont l'enseignement est mené ; combien de fois n'avons-nous pas entendu, ou dit : « Il faut d'abord préparer les élèves au bac, nous ferons de la physique après, si nous avons le temps ! » Ce dilemme, pour être inavouable, est pourtant bien réel. La difficulté subsistera toujours sans doute et notre tâche est bien de concilier la préparation à un examen et l'enseignement proprement dit. Mais beaucoup souhaiteraient que ces deux objectifs se concilient un peu plus.

Si donc, en fonction de l'état d'esprit des nouveaux programmes, nous souhaitons que l'ensemble enseignement - examen se modifie, il faudra bien qu'à un moment il y ait une certaine rupture...

La recherche que nous proposons ici est bien une tentative pour instaurer ce déséquilibre nécessaire à l'évolution.

II. PRESENTATION SUCCINCTE DU PROJET D'EPREUVE.

Pour faciliter la lecture, nous allons donner une présentation d'ensemble du projet, décrire les différents types d'exercices proposés et donner une justification rapide de leur choix. Dans le chapitre III, nous entrerons plus avant dans l'analyse des exercices retenus.

II.1. Présentation générale de l'épreuve.

Nous proposons une épreuve comportant *trois types* d'exercices *pris parmi quatre* qui seraient les suivants :

a) QUESTIONS SUR LES MÉTHODES ET RAISONNEMENTS EXPÉRIMENTAUX (le sigle M.R.E. est utilisé dans la suite pour les désigner).

b) PROBLÈME (Pb).

c) QUESTIONS A RÉPONSE COURTE (Q.R.C.).

d) LECTURE CRITIQUE D'UN TEXTE SCIENTIFIQUE (L.C.T.).

L'épreuve aurait la même durée que l'épreuve actuelle. Elle comporterait obligatoirement les phases (*a*) et (*b*). Le choix entre les phases (*c*) et (*d*) pourrait être aléatoire ou fonction de la section considérée.

Le partage indicatif en temps pour l'épreuve serait de l'ordre de :

1/2 du temps pour le Pb (*b*),

1/4 du temps pour M.R.E. (*a*),

1/4 du temps pour Q.R.C. (*c*) ou L.C.T. (*d*).

II.2. **Description rapide des 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 dans un projet d'épreuve pour le baccalauréat.

D'autre part, il semble difficile, dans le cadre actuel des études secondaires en France, d'imaginer une épreuve comportant effectivement des travaux pratiques. Pour un projet à court ou moyen terme, nous avons donc voulu définir un type d'épreuve écrite qui chercherait à tester « ces 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 épreuve écrite ne pourra jamais tester les capacités du premier type. Par contre, 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. 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 A RÉPONSE COURTE.

Contrairement à l'épreuve M.R.E., celle-ci ne teste pas un type précis d'objectifs. Ce qui la caractérise, c'est sa forme : questionnaire à choix multiples, 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'autre part, il permettra d'équilibrer l'ensemble de l'épreuve tant au point de vue du programme que des objectifs testés.

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.3. **Pourquoi un choix d'exercices différents ?**

Tout d'abord, il nous a semblé que, si l'épreuve comportait un seul type d'exercice, elle ne serait pas à même de tester valablement les capacités qu'on peut attendre d'un élève en fin de classe terminale en fonction des buts que nous avons exposés au début. Autrement dit, la diversification des types de contrôle n'a pas pour but de rendre l'épreuve plus sélective, mais au contraire, en testant un ensemble de capacité plus large, de donner leur chance à des élèves manifestant des habiletés de types divers.

D'autre part, comme nous l'avons déjà dit, l'expérience du baccalauréat expérimental a montré que la présence d'un grand nombre d'exercices dans une épreuve de trois heures déroutait les candidats. Une telle épreuve ajoute, en fait des difficultés à celles des exercices :

— le choix de l'ordre pour traiter les questions,
— la difficulté propre au changement d'activité mentale quand on passe d'un type d'exercice à l'autre.

En fonction de ces deux exigences contradictoires, nous avons opté pour trois exercices différents pris parmi les types proposés.

Mais on aurait pu imaginer une autre solution : proposer une épreuve composée d'un « problème » comportant des questions du type M.R.E. ou même Q.R.C. Ce genre d'épreuve a été essayée, mais elle comporte beaucoup de risques ; on arrive très vite à un ensemble très complexe et assez déroutant. De plus, il est difficile de ne pas rendre les questions dépendantes (problèmes à tiroirs). Tout ceci est très préjudiciable pour un examen.

En conclusion, nous pensons qu'un exercice doit tester un nombre d'objectifs restreints, clairement définis pour le candidat et pour le correcteur. Ceci est essentiel pour que l'épreuve ne se transforme pas en un jeu de devinette pour l'élève et pour que sa correction, faite sur des bases claires, soit le plus juste possible.

Enfin, les quatre exercices proposés, comme nous l'avons déjà dit, ne couvrent pas toute l'étendue du champ possible. *A fortiori*, une épreuve, ne comportant que trois types d'exercices, ne testera pas l'ensemble des capacités souhaitées chez les élèves. Ceci n'est pas grave, dans la mesure où l'éventail est assez large. L'important, semble-t-il, c'est que la forme même de l'épreuve se prête à l'évolution afin d'éviter sa sclérose. Nous examinerons cette question dans la conclusion de l'article.

III. PRESENTATION DETAILLEE 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.

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 rap-

pel 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'erreurs 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 trait au 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 faire remarquer qu'alors 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 de l'épreuve. C'est ce qui a milité en particulier pour nous faire diversifier le plus possible l'épreuve proposée.

B) LES PROBLÈMES.

Ce genre 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 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.

3. 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.

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 évite de mettre en œuvre les capacités qu'on voulait 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 fixé.

C) LES QUESTIONS A 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 amené à proposer ce genre d'exercices.

1) Réaliser un test comportant un minimum d'objectif. 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 suivante : *à condition de bien prévenir,*

Réponse juste + 1,
Réponse fausse — 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 :

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

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

c) 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 aussi 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 devient 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 historiques. 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 fixé quelques règles pour mettre au point ces L.C.T. :

a) Le texte à lire ne doit pas dépasser environ 500 mots pour que la lecture lente n'excède pas cinq minutes.

b) 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.

c) 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.

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'exercice.

III.2. **Les résultats de quelques tests.**

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

— Les tests ont été faits avec des élèves n'ayant pas tous reçu un enseignement conforme aux nouveaux programmes.

— 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 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 réussis par la quasi totalité des élèves. Par contre, les questions demandant la mise en œuvre, sans être guidé, d'un raisonnement comportant plusieurs étapes conduisent en général à beaucoup plus 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 mis en exergue à notre travail (p. 31). Bien que les questions posées figuraient dans les programmes actuels (1), dès que l'esprit s'en éloignait pour rejoindre celui des nouveaux programmes, le taux de réussite diminuait sensiblement.

IV. LE PROBLEME DE LA CORRECTION DE L'EPREUVE.

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 jug 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 le corrige. Il est donc nécessaire de bien dégager, pour les correcteurs, l'objectif testé, et donc la direction de la correction.

Juger une réponse correcte et complète ne pose aucun problème. De même, une réponse stupide ou complètement à côté

(1) *N.D.L.R.* : Ceux de 1979-1980, c'est-à-dire les anciens.

de la question se juge facilement et avec l'accord de tous les correcteurs. Par contre, deux types de réponses posent des problèmes et conduisent à des écarts de notations entre différents correcteurs, ce sont les deux cas suivants :

a) La réponse est incomplète mais les éléments qui sont donnés sont corrects.

b) La réponse, bien que fausse, 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 réponses indispensables sont : la direction, le sens, l'intensité avec une unité. On peut penser que nous sommes en train de « couper les ε en 4 » et que, de toute façon, 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 réflexions.

— 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.

Etablir la première partie de la grille peut se faire *a priori* par analyse de la (ou les) réponses jugées correctes. Par contre, pour la 2me 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 (élément de réponse correcte, ou erreur explicable) une valeur, un certain nombre de points. Cette attribution de points à chaque possibilité est un travail qui devrait se faire en groupe par discussion (voir dernier chapitre).

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

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. Par contre, 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.

L'effort de mise au point de la grille de correction devrait être fait au moment du test préalable des exercices. Au moment de l'examen, elle serait donc au point et les correcteurs la recevraient avec leurs copies comme le barème indicatif actuellement. Donc au niveau de la correction même, cela ne changerait pas grand-chose, c'est dans la phase de préparation de l'examen que ce travail serait à faire (voir dernier chapitre).

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 avec les enseignants expérimentateurs des nouveaux programmes. Malheureusement, peu de documents ont été publiés.

1. Référence à l'étranger.

Cete façon de diversifier l'épreuve de baccalauréat 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 :

a) « Coded answers », épreuve d'une heure, constituée de Q.C.M.

b) Une épreuve de travaux pratiques avec manipulations effectivement faites de une heure trente.

c) « Long Answers », épreuve de deux heures correspondant à peu près au problème.

d) « Short Answers », une épreuve de une heure trente composée de plusieurs petits exercices demandant une réponse rédigée par l'élève mais ne dépassant pas 5 à 6 lignes.

e) « Comprehension paper ». Une épreuve de une heure composée essentiellement de questions essentiellment qualitatives.

f) « Special paper », une épreuve de trois heures (dont nous nous sommes inspirés pour les L.C.T.) 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 ou 7 ans et 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 équivalent au baccalauréat), ensuite le système administratif anglais est très différent du système français.

2. Le problème de l'usure.

Un risque commun à tous les examens ou concours est celui de l'usure, de la schlérose. Cette usure peut exister sur deux plans différents :

a) La forme, si on y accorde trop d'importance, risque de primer sur le fond. Alors on risque, tout en respectant certaines conditions de présentation des questions, de s'éloigner beaucoup des objectifs de fond essentiels définis au début. Nous parlerons plus loin de ce problème.

b) L'autre risque est celui de « tourner » sur un nombre réduit de questions type au bout de quelques années. Ce qui est à peu près le cas actuellement. Pour éviter cela, il faut se donner les moyens de se renouveler tous les ans. Ceci n'est pas chose facile du fait qu'il faut produire un sujet par académie et par an. Il faut donc essayer de dépasser le stade purement empirique, dans lequel joue essentiellement l'imagination des « concepteurs » de sujet de baccalauréat. Il faudrait que l'on puisse dégager des critères pour construire des épreuves de contrôle adaptées aux objectifs définis au départ.

Pour cela, la connaissance des résultats des recherches actuelles sur le « Problem Solving » peut être un outil utile. Ce terme de « Problem Solving » mérite une définition précise. Un problème pour un individu est toute situation dans laquelle la réponse (verbale, motrice...) 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. Nous pourrions définir ainsi clairement les objectifs d'une épreuve de baccalauréat.

Définir précisément les objectifs n'est pas suffisant, tant s'en faut, pour mettre au point un « bon » contrôle, mais c'est au moins une condition nécessaire.

3. Quelques propositions.

3.1. Production de l'épreuve.

D'après notre expérience, trois points sont importants :

a) Le travail de mise au point d'une épreuve de baccalauréat est long, il faut donc commencer suffisamment tôt.

Les deux principales caractéristiques d'un exercice sont :

— la forme utilisée (M.R.E., Q.R.C...),

— le (ou les) objectif(s) testé(s).

Il faut arriver à une procédure qui permette d'avoir une vue d'ensemble de ces deux caractéristiques pour les textes produits. On peut envisager un tableau à double entrée dont la première dimension est l'objectif testé et la seconde dimension la forme de l'exercice. A l'aide de ce tableau, on choisira donc les exercices constituant l'épreuve de baccalauréat de façon à ce que les objectifs soient bien équilibrés.

L'ensemble des objectifs à tester est défini :

— par les programmes ;

— par les capacités générales que l'on est en droit d'attendre d'un élève de terminale. Il est donc peu variable d'une année à l'autre.

Pour éviter la schlérose et les 15 exercices type à réarranger tous les ans, c'est donc au niveau de la forme qu'il faudra évoluer. Les quatre formes définies ici nous paraissent bien adaptées à nos objectifs, à l'heure actuelle, mais il serait regrettable de figer à long terme l'épreuve de bac dans ces quatre formes. Il faut laisser la possibilité d'évoluer.

Il reste qu'un gros travail de recherche doit être fait sur les conditions et les méthodes de construction de contrôles. Nous avons exposé ici quelques idées à propos des conditions mais à propos des méthodes, tout reste à faire. Comment organiser dans le détail (pour être le plus efficace possible), cette production de textes. Comment dépasser, dans le jugement d'un texte, la simple évaluation globale « c'est difficile » pour analyser un peu plus finement cette « difficulté ».

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'Education, 27 mai 1971.
B.U.P. n° 597, p. 13 à 16.

3. Allocution du Ministre de l'Education 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.

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 faire par leurs 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.

VI. QUELQUES EXEMPLES DES QUATRE GENRES D'EXERCICES.

VI.1. Quelques exemples de M. R. E.

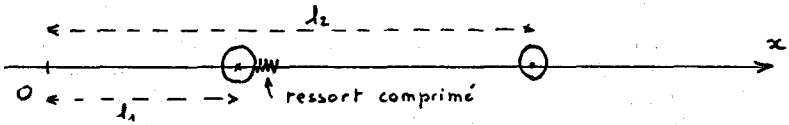
M. R. E. 3.

Rappel : au cours d'une collision entre 2 solides,

— si le choc est élastique, l'énergie cinétique totale ne varie pas,

— s'il n'y a pas action d'une force extérieure, la quantité de mouvement totale ne varie pas.

Sur un banc à coussin d'air, 2 palets P_1 et P_2 de masse $m_1 = 100$ g et $m_2 = 200$ g peuvent se déplacer sans frottement. A l'avant du palet P_1 est fixé un petit ressort maintenu comprimé par un fil. On lance les deux palets de façon à ce qu'ils entrent en collision.



A partir des enregistrements photographiques du choc, on obtient le tableau de mesures suivant :

t (en m s)	11 (en cm)	12 (en cm)
0	0,0	100,0
20	10,0	90,0
40	20,0	80,0
60	30,0	70,0
80	40,0	60,0
100	36,0	57,0
120	17,9	61,0
140	- 0,3	65,1
160	- 18,4	69,1

1. Etudiez la quantité de mouvement de ce système. Que peut-on en dire ? Justifiez.
2. Utilisez ces résultats expérimentaux pour déterminer si, au cours de la collision, le fil qui maintient le ressort comprimé a cassé ou non. Justifiez votre réponse.

OBJECTIF : *Utiliser et traiter des résultats bruts pour tester la validité d'une hypothèse.*

M. R. E. 12.

1. Comment peut-on déterminer la capacité d'un condensateur ? Indiquez au moins deux dispositifs possibles, les mesures et les calculs à effectuer.

2. Comment peut-on déterminer expérimentalement le facteur de puissance d'un circuit R., L., C. ?

   Indiquez le dispositif à utiliser, les mesures et les calculs à effectuer.

3. Dans une boîte fermée se trouve un dipôle qui est soit une résistance pure, soit un condensateur, soit une bobine. Quelles expériences feriez-vous pour déterminer la nature du dipôle contenu dans la boîte ? Précisez le matériel utilisé, les mesures faites, et le raisonnement vous permettant d'arriver à une conclusion.

OBJECTIF : 1. *Conception d'un montage expérimental pour une mesure donnée.*

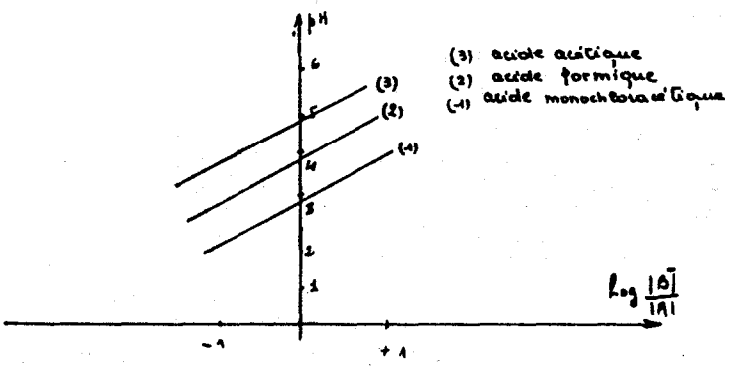
2. *Id.*

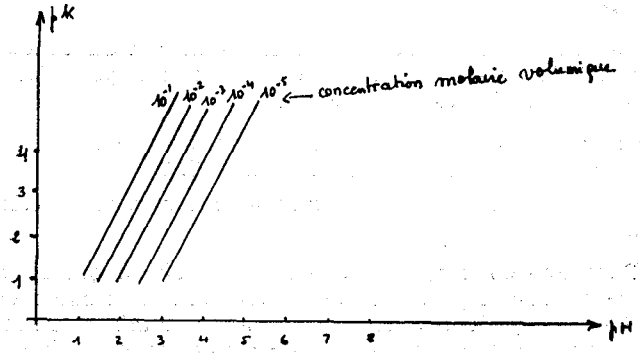
3. *Conception d'un plan d'expériences compte tenu des différentes hypothèses possibles.*

M. R. E. 16.

Un acide faible en solution aqueuse est contenu dans un bécher. Le pH de cette solution est 3.

On connaît les courbes suivantes pour 3 acides faibles :





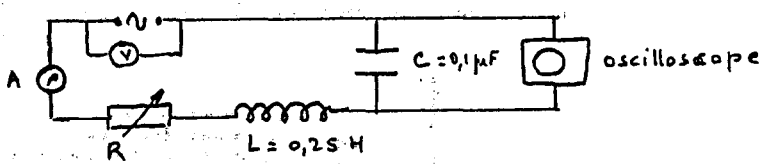
1. S'il s'agit d'acide acétique, quelle est sa concentration ?
   S'il s'agit de l'acide 1, quelle est sa concentration ?
   S'il s'agit de l'acide 2, quelle est sa concentration ?

2. Quelle expérience proposez-vous pour déterminer quel est l'acide en solution (acétique ou 1 ou 2) dans le bécher ?

OBJECTIF : *Lecture de graphe ; utilisation de graphe ; identifier et décrire une manipulation qui permet de trouver la solution d'un problème.*

M. R. E. 21.

On réalise le circuit R.L.C. série suivant :



On dispose comme appareils de mesure d'un oscilloscope et de 2 « contrôleurs universels » ; l'annexe ci-jointe donne les résistances équivalentes à l'appareil pour chaque calibre et selon l'emploi (voltmètre ou ampèremètre) ; le générateur délivre une tension alternative sinusoïdale de fréquence N, d'amplitude *m*, ajustables. On appelle I l'indication lue sur l'ampèremètre,

U l'indication lue sur le voltmètre aux bornes du générateur.

On relève 2 courbes $I = f(N)$ pour 2 valeurs de la résistance R : 50 Ω et 200 Ω, en ayant maintenu pour chaque mesure $U = 2$ V.

Vous savez que les courbes obtenues sont du type de celles qui vous sont données :

1. A quelle valeur de résistance correspondrait chaque courbe notée (1) et (2) ; justifiez. En négligeant toute résistance autre que R dans le circuit, donnez les échelles en intensité et en fréquence des courbes.
2. On a veillé à ne pas changer le calibre de l'ampèremètre en relevant la courbe (1). A l'aide de l'annexe jointe, expliquez pourquoi et quel en a été l'inconvénient.
3. Que voit-on sur l'oscilloscope correctement réglé ?
4. Un calcul permet de prévoir, aux bornes de la capacité, une tension efficace de 62,8 V pour R = 50 Ω,
   15,7 V pour R = 200 Ω,
   lorsque l'intensité dans le circuit passe par un maximum, l'amplitude du signal sur l'oscilloscope dans chaque cas est de 88,8 V et 22,2 V ; est-ce satisfaisant ?
5. Le condensateur de 0,1 F avait été soigneusement choisi entre plusieurs de même capacité. Quelle autre caractéristique du condensateur est intervenue dans le choix ?

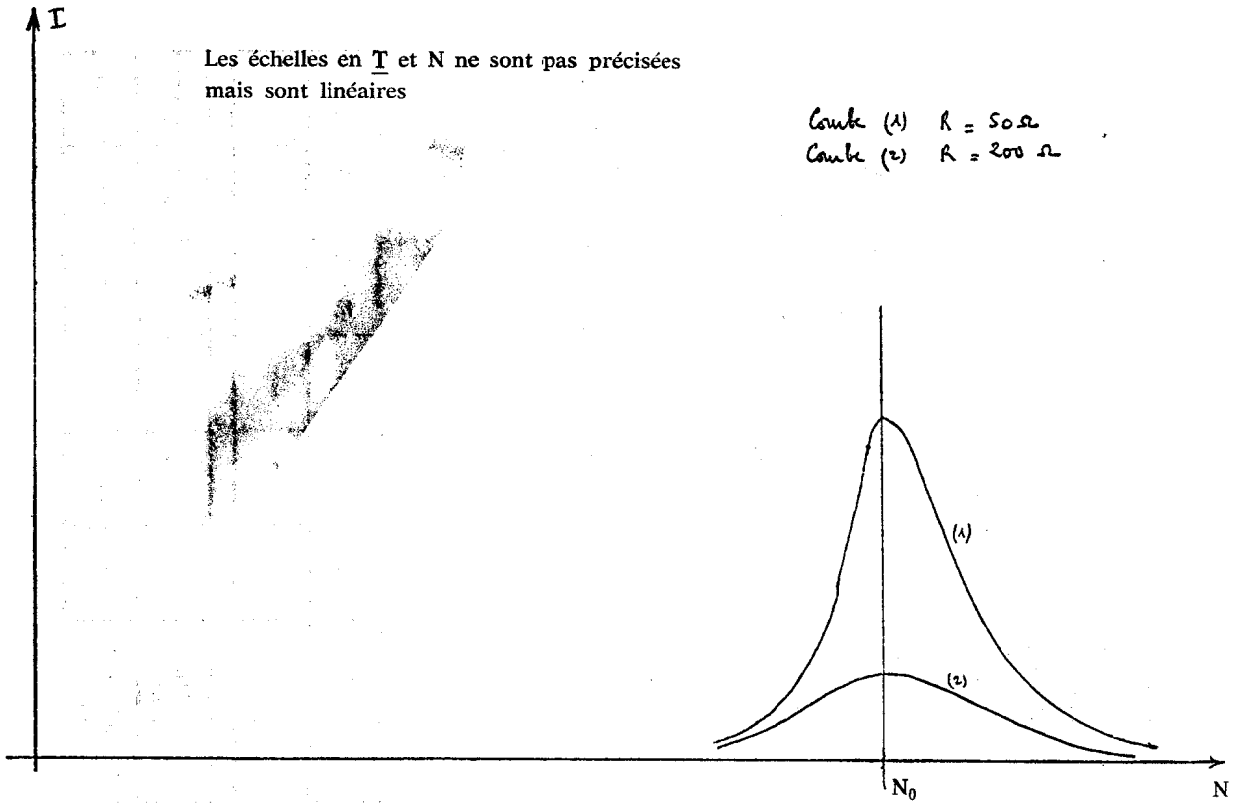
OBJECTIF : *Utilisation de résultats connus, lecture de courbes ; conditions de validité d'une expérience ; limites d'utilisation d'un matériel.*

Annexe.

Contrôleur C.D.A. 25

Ampèremètre calibre	50 μA	0,5 mA	5 mA	50 mA	0,5 A	5 A
R équivalent Ω	1 000	100	10	1	0,1	0,01

Voltmètre calibre	500 mV	1,5 V	5 V	15 V	50 V	150 V
R équivalent Ω	10 000	$3 \cdot 10^4$	10^5	$3 \cdot 10^5$	10^6	$3 \cdot 10^6$


I
Les échelles en T et N ne sont pas précisées
mais sont linéaires
Courbe (1) R = 50 Ω
Courbe (2) R = 200 Ω
(1)
(2)
N0
N

VI.2. **Exemples de problèmes.**

Problème B : FREINAGE D'UNE VOITURE.

Le but de ce problème est d'étudier le fonctionnement d'une voiture, en particulier son freinage, et d'en déduire certaines conditions de sécurité pour la circulation.

D'autre part, ce problème vise à l'utilisation de graphiques pour répondre à certaines questions. La précision du tracé des courbes demandées est donc importante. Chaque fois que vous utiliserez un graphique pour répondre à une question, vous devez indiquer avec précision comment vous utilisez le graphique et justifier l'utilisation que vous avez faite.

Voici quelques données numériques relatives à l'ensemble du problème (nous avons pris les caractéristiques d'une voiture moyenne) :

— Masse : $M = 10^3$ kg.

— Puissance maximale : $P = 50$ ch (1 ch = 36 W). On admettra que le moteur développe sa puissance maximale lorsque la voiture atteint sa vitesse maximale.

— Vitesse de pointe $V_p = 144$ km/h sur route horizontale.

Le rôle du système de freinage est assez compliqué ; nous l'avons assimilé à une force constante, si le conducteur exerce une pression constante sur la pédale de frein, opposée à la vitesse, et qui atteint au maximum une valeur $F_f = 5\,000$ N. Cette force tient compte du freinage exercé par le moteur (le « frein moteur »).

Les forces de frottement dues à l'air sont assez bien représentées par une force opposée à la vitesse et de module : $F_a = Kv^2$, où K est un coefficient d'aérodynamisme caractéristique de la voiture.

Dans tout le problème, on suppose que la route est horizontale et que la voiture ne dérape jamais.

NOTE : Les questions marquées * ne sont pas nécessaires pour la résolution de la suite du problème.

I. **Etude du freinage en négligeant la résistance de l'air.**

I.1. Donner la distance minimale d'arrêt en fonction de la vitesse initiale. Tracer la courbe $d = f(v)$ sur papier millimétré.

v (axe des x) 5 cm pour 10 m/s

d (axe des y) 10 cm pour 100 m.

(Faites attention, vous aurez d'autres courbes à tracer sur ce graphe).

I.2. En réalité, sur route, il faut tenir compte du temps de réflexe du conducteur ; on l'estime, en moyenne, à $\tau = 0\,5$ s. Donner, dans ces conditions, la distance minimale d'arrêt d' en fonction de la vitesse. Tracer $d' = f(v)$ sur le même graphique que la courbe précédente.

Sur autoroute, la vitesse est limitée à 130 km/h.

A quelle vitesse trouve-t-on une distance minimale d'arrêt égale à la moitié de celle que l'on trouve à 130 km/h ?

Que vous suggère ce résultat ?

*** II. Etude sommaire de la résistance de l'air.**

II.1. Calculez le coefficient K pour la voiture considérée. Précisez les unités.

II.2. En supposant que le rendement du moteur est constant vers les hauts régimes (ce qui est un peu approché), comment varie la consommation d'essence aux 100 km en fonction de la vitesse ? En supposant une consommation de 8 litres aux 100 km/h, calculez la consommation aux 100 km à la vitesse de 130 km/h.

III. Etude du freinage sans négliger la résistance de l'air.

* III.1. Sans négliger la résistance de l'air, donner l'équation différentielle reliant les grandeurs cinématiques aux données du problème pendant le freinage. Exprimez-la en fonction de $v(t)$ et de sa dérivée.

III.2. *a*) Cette équation peut être résolue : voici quelques valeurs numériques donnant la distance minimale d'arrêt d_1 en fonction de la vitesse initiale dans ces conditions :

V m/s	0	5	10	15	20	25	30	35	40
d_1 m	0	2,5	10	22,1	38,9	60,1	85,3	114	146

Tracez la courbe donnant la distance minimale d'arrêt d'_1, compte tenu du temps réflexe, en fonction de la vitesse, sur le même graphique que les deux précédents.

b) Pouvait-on prévoir la façon dont la courbe allait évoluer ?

IV. Etude des conditions de circulation sur autoroute.

Dans toute cette question, on suppose qu'un véhicule ne peut changer de file. On tiendra compte, dans tous les cas, du temps réflexe du conducteur.

IV.1. Une file de voiture roule à vitesse constante et égale pour chacune d'elles. A quelle distance minimale doivent-elles rouler les unes des autres, pour ne pas risquer, à coup sûr, l'accident, si l'une d'entre elles est obligée de freiner ?

Application numérique : $v_1 = 90$ km/h,

$v_2 = 130$ km/h.

IV.2. Une voiture A roule sur autoroute à la vitesse de 130 km/h. Devant elle, se trouve une voiture B, identique à A, qui roule à la vitesse constante de 90 km/h.

En négligeant la résistance de l'air, à quelle distance x de B, le conducteur de A doit-il se rendre compte de la présence de B, pour ne pas risquer l'accident ?

IV.3. On reconsidère la même situation initiale qu'à la question précédente, mais on suppose maintenant, qu'au moment où le conducteur de A voit B, le conducteur de cette dernière se met à freiner.

a) Même question.

b) Même question, sans négliger la résistance de l'air.

* IV.4. Quelles conclusions ce problème vous suggère-t-il, au sujet de la circulation sur autoroute ?

En particulier, par temps de brouillard où la visibilité est couramment réduite à une distance de l'ordre de 30 m, donnez, en le justifiant, un ordre de grandeur de la vitesse limite qu'il convient d'adopter.

N.D.L.R. : Nous avons conscience que ce texte est un peu long, il est à envisager en temps libre.

Problème H : FISSION - FUSION.

Une source d'énergie bien connue à l'heure actuelle est la fission nucléaire. Une source d'avenir, qui n'est pas encore au point, sera la fusion nucléaire. Dans le premier cas, en « cassant » un noyau lourd, on récupère de l'énergie, dans le second cas, en « collant » deux noyaux légers, on récupère aussi de l'énergie. Dans ce problème, nous allons étudier et comparer ces deux mécanismes.

1° Soient $M_p = 1{,}67243\,10^{-27}$ kg et $M_n = 1{,}67474\,10^{-27}$ kg les masses du proton et du neutron. Calculez les énergies correspondantes en MeV (mega électron volt) sachant qu'un électron volt (eV) vaut $1{,}6\,10^{-19}$ Joules. Le résultat sera donné avec 5 chiffres significatifs.

2° A un noyau d'hélium $^{4}_{2}He$ correspond une énergie de 3726,1 MeV au repos. L'énergie au repos d'un noyau est égale à la somme des énergies au repos de chacun des constituants augmentée de l'énergie potentielle de cohésion du noyau. Calculez l'énergie de cohésion du noyau d'hélium. Quel est le signe de cette énergie ? Expliquez ce signe sachant que l'énergie de cohésion devient nulle quand les constituants du noyau sont à distance infinie les uns des autres. Calculez l'énergie de cohésion par nucléon pour l'hélium.

3° Le graphe ci-joint donne l'énergie de cohésion par nucléon en fonction de A, nombre de nucléons d'un noyau.

Déterminez graphiquement l'énergie de cohésion par nucléon pour ^{140}Xe, en déduire l'énergie de cohésion du noyau.

4° Dans une réaction nucléaire de fission contrôlée, un noyau d'uranium ^{235}U heurté par un neutron se brise en donnant un noyau ^{140}Xe, un neutron, un autre noyau et libère une quantité d'énergie W.

a) Quel est le numéro atomique et le symbole chimique du second noyau produit de fission ?

b) Calculez W en MeV.

On admettra, pour calculer, que W est égale à la différence des énergies au repos des noyaux intervenant dans les deux membres de l'équation de réaction nucléaire.

5° Montrez que la réaction de fusion :

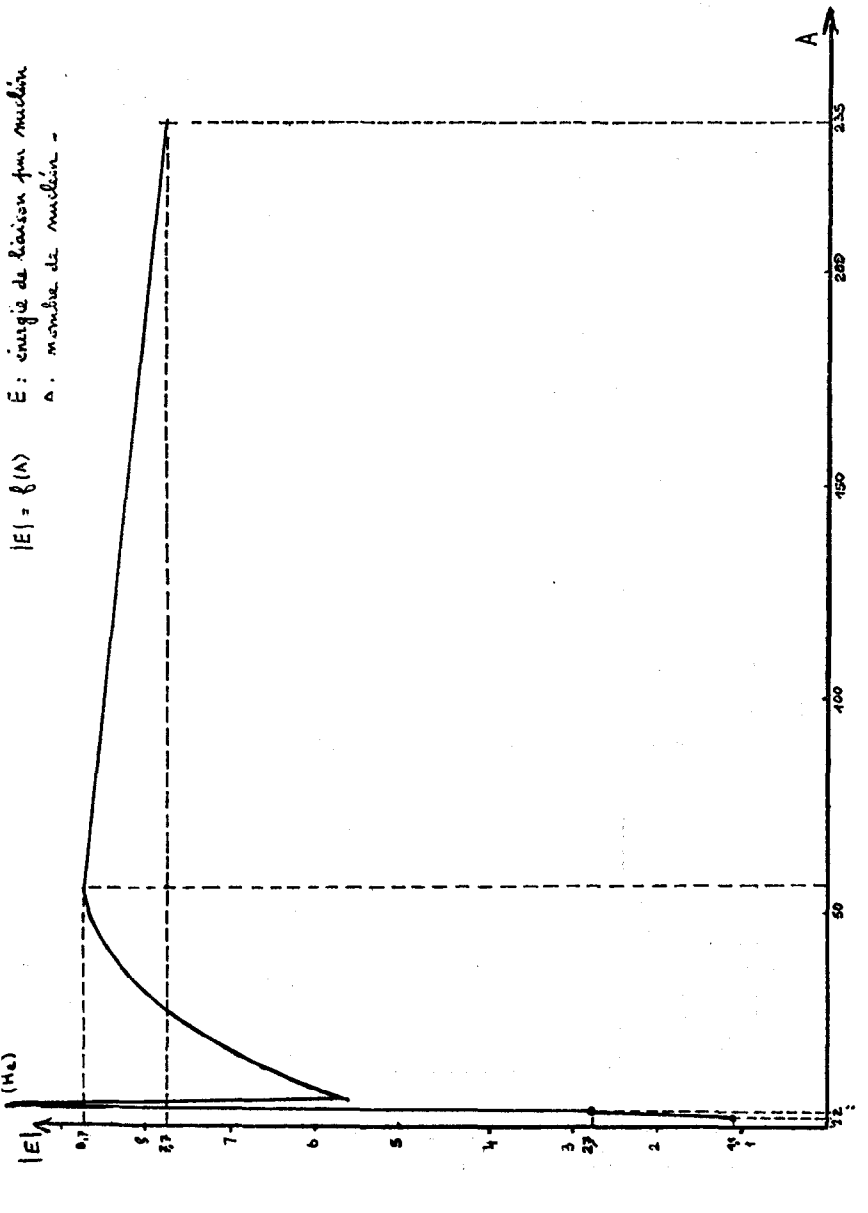
$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

libère une quantité d'énergie W'.

Calculez W' en MeV.

6° Aux questions 4° et 5°, vous avez calculé W et W', les énergies libérées respectivement au cours de la fission d'un noyau d'uranium et au cours de la création d'un noyau d'hélium. Comparez ces deux énergies. Sans faire de calculs précis, en évaluant seulement des ordres de grandeur, comparez les quantités d'énergie produites par un gramme de combustible dans les deux cas (1 gramme d'uranium pour la fission, 1 g de mélange équimolaire deutérium $^{2}_{1}H$ et tritium $^{3}_{1}H$ pour la fusion).

Laquelle de ces deux sources d'énergie produit le plus d'énergie pour 1 gramme de combustible ? Présente-t-elle d'autres avantages en plus ?


|E| = f(A)
E : énergie de liaison par nucléon
A : nombre de nucléon
A
|E|
(He)
0,7
8
7,7
7
6
5
4
3
2,7
2
1,5
1
12
50
100
150
200
235

7° Cette dernière réaction ne peut avoir lieu que si les deux noyaux ${}_1^2H^+$ et ${}_1^3H^+$, supposés ponctuels, s'approchent suffisamment l'un de l'autre.

La distance d'approche nécessaire pour que la réaction ait lieu étant de $5 \cdot 10^{-13}$ cm, quelle doit être l'énergie cinétique minimale du noyau de deutérium lancé vers un noyau de tritium fixe pour qu'il y ait réaction ? On admettra que, seule, la force répulsive de Coulomb agit pendant cette phase.

Vous trouverez ci-joints deux documents :

1. Un tableau périodique des éléments (non reproduit ici).
2. La courbe E(A).

Quelques données peuvent être utiles :

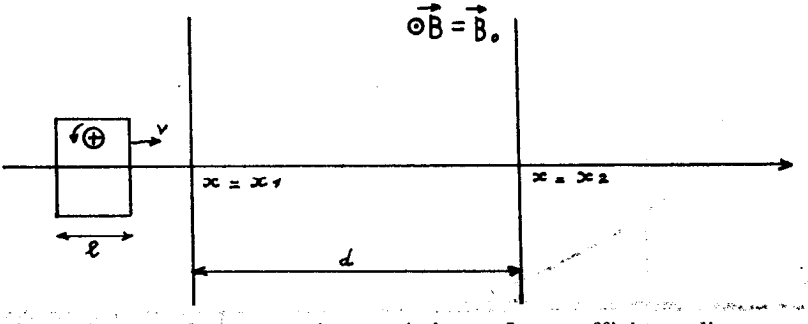
$N = 6{,}02\ 10^{23}$,
$c = 3{,}00\ 10^8$ m s^{-1},
$e = 1{,}6\ 10^{-19}$ C,
constante dans l'expression de la force de Coulomb

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9.$$

VI.3. **Quelques exemples de Q. R. C.**

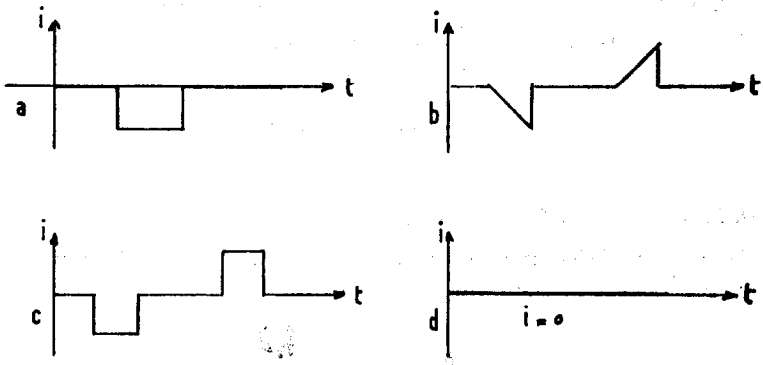
Q. R. C. 3.

On déplace un cadre rectangulaire, sur un axe $x'Ox$ de la gauche vers la droite à la vitesse constante $\vec{v}$. Entre $x = x_1$ et $x = x_2$ règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}_0$ perpendiculaire au plan du cadre. Le sens positif choisi pour le courant dans



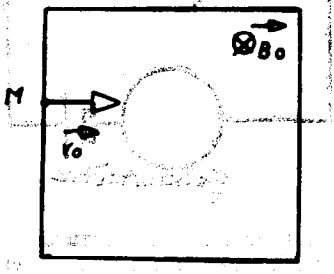
le cadre est le sens trigonométrique. Le coefficient d'autoinduction du cadre est négligeable.

Parmi les courbes suivantes, indiquez celle qui représente le courant induit dans le cadre en fonction du temps.



Q. R. C. 9.

Considérons la situation suivante : à l'intérieur du carré existe un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan de figure. A l'extérieur du carré, $\vec{B} = 0$.



Un électron pénètre au point M avec une vitesse $\vec{v}_0$ dans la région où existe $\vec{B}_0$. Il ressort de cette région en un point N. $\|\vec{v}_0\|$ et $\|\vec{B}_0\|$ ne sont pas connues. On s'intéresse à la variation d'énergie cinétique de l'électron entre son entrée (en M) et sa sortie (en N) de la région où existe $\vec{B}_0$.

$$\Delta E_c = E_{c_N} - E_{c_M}$$

Cochez la réponse correcte :

a) $\Delta E_c > 0$ ☐

b) $\Delta E_c < 0$ ☐

c) $\Delta E_c = 0$ ☐

d) on ne peut pas répondre, il manque des données ☐

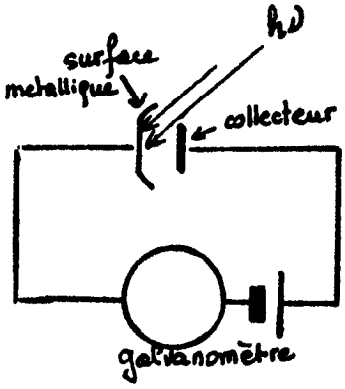
On peut faire des exercices équivalents avec un champ électrique à la place du champ magnétique. On peut utiliser les différents cas suivants : $\vec{v_0}$ parallèle à $\vec{E}$,

$\vec{v_0}$ antiparallèle à $\vec{E}$,

$\vec{v_0}$ perpendiculaire à $\vec{E}$.

Q. R. C. 18 (traduction Nuffield).

OBJECTIF : *Effet photoélectrique. De quoi dépend le nombre d'électrons extraits.*



De la lumière tombe sur une surface métallique. Des électrons sont éjectés de la surface du métal. Cette cellule est montée dans un circuit électrique donné par le schéma.

Commentez brièvement (2 à 3 phrases) les propositions suivantes (pas nécessairement justes) :

a) Le nombre des électrons éjectés du métal, par unité de temps, est proportionnel à la tension appliquée entre la plaque et le collecteur

b) Le nombre des photoélectrons éjectés par seconde est proportionnel à la fréquence de la lumière utilisée.

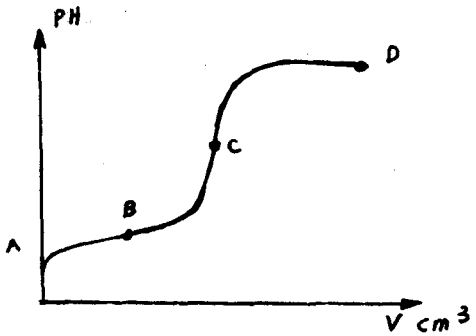
c) L'énergie cinétique maximale des photoélectrons est proportionnelle à l'intensité de la lumière reçue par la plaque.

d) L'énergie cinétique maximale dépend de la fréquence de la lumière utilisée.

e) L'énergie cinétique maximale des photoélectrons est indépendante de la nature du métal utilisé.

Q. R. C. 23.

On neutralise un acide par une base :



a) La zone tampon est située autour du point :

A ☐ B ☐
C ☐ D ☐

b) La zone de neutralisation est située autour de :

A ☐ B ☐
C ☐ D ☐

c) La demi-neutralisation est située autour de :

A ☐ B ☐
C ☐ D ☐

Q. R. C. 26.

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}} - CH = CH_2$$

a) Ce composé a pour nom. ☐

b) L'addition d'eau peut donner naissance à 2 composés.
Indiquez leurs formules développées.

A	
B	

c) Indiquez leur nom.

A	
B	

d) Comment les séparer sans les modifier chimiquement ? ☐

e) Une oxydation ménagée de chacun de ces 2 composés peut éventuellement aboutir à 2 produits :

		1er produit	2me produit
A	formule développée		
	nom		
B	formule développée		
	nom		

Q. R. C. 30.

Cochez la bonne case :

— Tous les acides réagissent sur tous les métaux ☐

— Les acides ne réagissent que sur les métaux dont le potentiel normal est positif ☐

— Les acides réagissent sur les métaux en donnant un dégagement d'hydrogène ☐

— Les trois propositions précédentes sont fausses ☐

— Je ne sais pas ☐

VI.4. **Un exemple de L. C. T.**

L'affichage électrolytique : de l'argent sur du verre

Extrait de l'article de Xavier Weeger, « LE MONDE » du 23-4-1980

Les cristaux liquides ont, pour les systèmes d'affichage électroniques, pris largement le haut du pavé. Les autres systèmes (diodes électro-luminescentes, par exemple) gardent certes une place non négligeable dans certains secteurs (comme l'instrumentation de mesure), mais ont perdu du terrain dans les secteurs de grande diffusion (montres, calculettes, etc.).

Un nouveau procédé de visualisation mis au point par le L.E.T.I. devrait entrer en concurrence avec les cristaux liquides : il s'agit de l'affichage électrolytique. La possibilité de déposer par électrolyse sous forme métallique un ion en solution est un principe connu et déjà largement utilisé, mais il n'avait pas encore été mis en œuvre dans une telle application. Le principe en est très simple : le passage d'un courant électrique dans une solution contenant des ions argent réduit ceux-ci sous forme

d'atomes d'argent qui viennent se déposer sur une électrode transparente.

Les calculs « *sur un coin de bureau* » dont sont familiers les chercheurs avaient longtemps fait rejeter cette solution : on pensait qu'il fallait que le dépôt d'argent, pour devenir visible, ait une épaisseur telle que la dépense d'énergie deviendrait prohibitive.

En fait, le dépôt d'argent est visible dès qu'il atteint une épaisseur de 50 angströms : on peut ainsi le faire apparaître en sombre sur fond clair (jaune pâle par exemple).

Ce procédé présente plusieurs avantages sur les cristaux liquides : en particulier, l'affichage est très lisible quel que soit l'angle de vision, alors que les cristaux liquides doivent être lus « de face ». D'autre part, il fonctionne facilement à des températures descendant jusqu'à $-25°C$, alors que, en dessous de zéro, les cristaux liquides deviennent très vite pratiquement illisibles.

Une différence essentielle entre les deux procédés tient au fait que les cristaux liquides ont besoin d'une alimentation électrique permanente, alors que le dispositif électrolytique ne consomme d'énergie que pour l'affichage ou l'effacement : les caractères affichés restent lisibles même après qu'on a coupé l'alimentation électrique. Toutefois, les consommations d'énergie à l'affichage ou à l'effacement sont relativement importantes : dans l'état actuel des techniques, on ne pourrait pas, par exemple, équiper d'affichage électrolytique des montres-bracelets, surtout si l'on veut pouvoir lire les secondes (la consommation croît avec le nombre d'opérations d'affichage).

Lisez attentivement ce texte, puis répondez aux questions ci-après. Les réponses doivent être brèves et précises.

1. Quels sont les différents systèmes pour l'affichage électronique cités dans cet article ?
2. Quel est le phénomène physicochimique mis en jeu dans l'affichage électrolytique ?

   Ecrivez l'équation de demi-réaction correspondant au dépôt d'argent.
3. Enumérez les avantages de cet affichage électrolytique sur l'affichage à cristaux liquides.
4. Enumérez les inconvénients de l'affichage électrolytique par rapport à l'affichage à cristaux liquides.

g. Donnez un autre exemple d'application industrielle du phénomène physicochimique utilisé pour l'affichage électrolytique.

6. Comment fait-on pour effacer ?

Le groupe CHAPHAM :

Andrée DUMAS-CARRÉ, Michel MEALLET,

Alain DORANGE, Michel FIALEYRE, Antoine FREY,

Robert GOIX, Philippe GOULLEY,

Marie-Agnès LAHELLEC, Christian LARCHER,

Michèle ROUSSEAU, Jeanne TONNELAT.

b) Le travail de production de texte doit être mené à bien par une équipe. Les exercices produits individuellement (une rédaction à plusieurs est impossible) doivent être discutés et critiqués en groupe pour être ensuite repris et modifiés par l'auteur initial. Un texte est alors une production collective. Cette méthode nous semble bien plus riche que celle consistant à demander des problèmes à plusieurs personnes et à choisir « le meilleur » sans qu'il y ait de discussion et d'amélioration.

c) Le test en vraie grandeur des différents exercices est indispensable. L'analyse des copies des élèves permet de juger :

— de la façon dont les informations données et les questions posées sont comprises par les élèves, pour modifier, le cas échéant, la formulation ;

— du caractère discriminant du texte. Un texte est discriminant s'il ne conduit pas à un trop grand pourcentage d'échec, ou, inversement, un trop grand pourcentage de réussite. Un texte non discriminant (échec total par exemple) doit être rejeté ;

— si les objectifs testés sont bien ceux prévus. C'est l'analyse des causes des échecs qui permet de vérifier si les objectifs prévus sont ceux réellement testés.

Ces résultats de tests permettent deux choses :

— modifier les textes si nécessaires ;

— choisir parmi l'ensemble des textes produits ceux qui constitueront l'épreuve finale. Ce choix doit être fait par une équipe et non pas par un seul individu.

3.2. Correction de l'épreuve.

Il est souhaitable d'établir une grille de correction (selon la méthode exposée au chapitre III) à donner aux correcteurs. Cette grille établie *a priori* a besoin d'être affinée et améliorée par la correction d'un échantillon de copies d'élèves. Les réponses des élèves lors du test peuvent servir à cette mise au point définitive de la grille de correction.

3.3. L'épreuve doit pouvoir évoluer.

En suivant ce scénario de travail, l'équipe de rédaction se retrouvera avec un nombre de textes supérieur à ce qui est nécessaire pour constituer une épreuve.

Les résultats de tests permettent un premier choix par élimination de certains textes. Mais il faut définir des critères de choix pour sélectionner parmi ceux qui restent.