

L'évaluation dans le second cycle :

LE POINT DE VUE DU BUREAU DE L'UNION DES PHYSICIENS

Nous avons constaté depuis fort longtemps que la nature des épreuves du baccalauréat a plus d'influence sur notre enseignement que toutes les déclarations d'intention des auteurs de programme. Nous avons toujours vivement regretté que la Commission Lagarrigue cesse ses activités avant d'avoir abordé sérieusement ce problème. Au sein du groupe Lagarrigue qui rassemble des représentants de la Société Française de Physique, de la Société Chimique de France et de l'Union des Physiciens, nous avons fortement encouragé les travaux d'un groupe de travail sur ce sujet : le groupe CHAPHAM. Dès octobre 1980, quelques exemples d'exercices élaborés par ce groupe furent publiés (B.U.P. n° 627), d'autres publications suivirent dans les B.U.P. nos 632, 634, 635.

Au cours de l'année scolaire 1982-1983, l'Inspection Générale prit l'initiative de créer un groupe de travail sur « l'évaluation en classe terminale ». Invitée à participer à ses travaux, l'Union des Physiciens a, bien entendu, accepté cette invitation en demandant, toutefois, que les professeurs enseignant effectivement dans les classes secondaires y soient largement représentés. L'Inspection Générale semble avoir pour objectif principal, comme le souligne M. CRÔS ci-après, de lutter contre le manque de diversité des exercices proposés au baccalauréat. Nous croyons nécessaire de préciser notre position sur cette question. Les objectifs de notre enseignement étant multiples, il est effectivement nécessaire de diversifier les exercices pour obtenir un bilan d'ensemble équilibré, mais il ne nous semble pas scandaleux de proposer des exercices quelque peu stéréotypés pour tester l'acquisition de certaines connaissances ou de certains savoir-faire si d'autres exercices, dans la même épreuve, permettent d'évaluer d'autres capacités. Nous condamnons vivement une tendance qui se manifeste dans de nombreux concours et qui consiste, par souci d'originalité, à proposer des exercices en limite de programme puis en dehors du programme officiel. Après avoir fortement insisté, au sein des groupes de rédaction des programmes, pour que les limites en soient clairement fixées, nous ne sommes pas prêts à accepter, aujourd'hui, de les contourner pour changer les exercices proposés au baccalauréat.

N'oublions pas, cependant, que tous les exercices n'ont pas pour fonction d'établir un bilan. Il ne nous paraît pas souhai-

table de limiter à l'épreuve du baccalauréat la réflexion sur l'évaluation. Certains des exercices proposés ci-après ont d'autres rôles. Nous aimerions qu'une telle recherche se développe et s'étende à l'ensemble des classes du second cycle.

Il est indiscutable que tout examen doit avoir des règles claires connues de tous. Nous estimons que si des modifications à ces règles doivent être apportées, tout le monde doit en être clairement informé à l'avance, les élèves comme les professeurs. Nous ouvrons donc bien volontiers les colonnes du B.U.P. au groupe de travail afin que tous les collègues prennent connaissance de ses recherches, de ses propositions et nous informent, si possible, des réactions qu'elles suscitent.

Le Bureau de l'Union des Physiciens.

L'EVALUATION EN CLASSE TERMINALE ; LE BACCALAUREAT

Pendant l'année scolaire 1982-1983, un groupe de travail a été créé avec la mission de réfléchir sur les contenus des exercices en classe Terminale, particulièrement des exercices du type « épreuve de baccalauréat ». Créé par l'Inspection Générale, ce groupe est constitué de professeurs de l'enseignement secondaire dont certains représentent l'Union des Physiciens, de professeurs appartenant à l'enseignement supérieur et de membres des corps d'inspection (Inspecteurs pédagogiques régionaux et Inspecteurs généraux).

Avec la mise en application de la nouvelle épreuve de Sciences physiques au baccalauréat, qui a accompagné celle des « nouveaux programmes », il est vite apparu que la forme actuelle de l'examen (épreuve à 5 questions indépendantes) pouvait avoir une action quelque peu sclérosante sur l'enseignement : en effet, professeurs et élèves cherchent souvent le maximum d'efficacité par l'entraînement parfois intensif à un nombre restreint « d'exercices-types », ce qui conduit à éloigner l'enseignement des objectifs visés à travers les nouveaux programmes. En créant ce groupe de travail, il ne s'agissait pas de refaire le procès du « bachotage » ; une réflexion en profondeur était devenue nécessaire tant en ce qui concerne la finalité de l'examen et l'adéquation des épreuves à cette finalité que l'influence que celles-ci peuvent avoir sur l'enseignement des Sciences physiques.

S'il a une existence officielle, notre groupe n'a aucune compétence pour établir des directives ou modifier la réglementation relative aux sujets du baccalauréat, en particulier la procédure d'élaboration de ces sujets : dans chaque Académie, celle-ci est de la responsabilité entière du Recteur. Désignés et nommés par le Recteur, les auteurs de sujet et les membres de commissions de choix sont essentiellement des professeurs ; c'est donc par les enseignants que passera toute évolution, tout renouvellement éventuel de l'esprit du baccalauréat. Il importe donc que tous les professeurs soient, si nécessaire, informés des travaux de notre groupe, et même que le plus grand nombre y puisse collaborer. C'est pourquoi le groupe de travail a voulu porter à la connaissance des lecteurs du Bulletin de l'U.d.P., dans les pages qui suivent, l'état actuel de la réflexion qui a été menée jusqu'à ce jour et qui se poursuit encore. Cette réflexion a largement pris en compte les travaux du L.D.P.E.S. (1) (Université de Paris VII) et

(1) L.D.P.E.S. : Laboratoire de Didactique de la Physique dans l'Enseignement Supérieur.

en particulier de M^{me} VIENNOT pour ce qui concerne les exercices d'explication de textes et du groupe CHAPHAM (2) représenté ici par M^{me} CARRÉ et M. MEALLET. Bien que centrés sur le baccalauréat, les travaux du groupe ne se sont limités ni à l'examen, ni à la classe terminale, ce qui apparaît d'ailleurs dans les exercices proposés ci-après.

Au cours du dernier trimestre de l'année scolaire passée, beaucoup de professeurs de Terminale ont été informés de l'existence de notre groupe et, en même temps, invités à tester auprès de leurs élèves des exercices d'un type peu usité jusque-là. Malgré l'avancement de l'année scolaire et l'approche de l'examen, ces exercices ont été accueillis avec intérêt, comme en témoignent les nombreuses réponses de professeurs que j'ai reçues, me faisant part de leur expérience et des résultats obtenus. Que chacun trouve ici les remerciements de tout le groupe pour cette collaboration. Ces informations ont été analysées et apportent ainsi une contribution importante à nos travaux. Le groupe de travail souhaite conserver ce contact et remercie par avance ceux d'entre vous qui lui feront part de leur expérience et de leur réflexion, notamment à la suite du présent article et des exercices proposés en exemple (3) (certains de ceux-ci ont déjà été testés dans des classes suivant les conditions précisées ci-dessus ; d'autres ne l'ont été qu'à petite échelle).

Avant d'aborder les pages suivantes, citons la note de service n° 83-245 du 27 juin 1983 (B.O. du 7 juillet 1983) définissant l'épreuve de Sciences physiques au baccalauréat dans les séries C, D et E :

« ... L'épreuve de l'examen est indissociable de l'enseignement dispensé durant la scolarité. Elle doit permettre de vérifier l'acquisition et la compréhension des méthodes, savoir-faire et connaissances définis par les programmes et commentaires officiels. Pour cela, les questions devront être indépendantes les unes des autres et suffisamment variées dans leur fond et dans leur forme pour permettre d'apprécier les diverses qualités des candidats. Le mot « question » doit ici être pris au sens le plus large pour satisfaire aux objectifs de l'épreuve précisée ci-dessus... ».

André CROS,
Inspecteur Général.

(2) Voir B.U.P. nos 627 et suivants.

(3) On peut adresser toute correspondance à :

M. l'Inspecteur Général CROS, Ministère de l'Éducation Nationale, 107, rue de Grenelle, 75357 Paris Cedex.

LE CONTRÔLE ET L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

L'une des ambitions de l'enseignement des Sciences physiques dans les lycées et les collèges est, évidemment, de faire acquérir aux élèves un certain nombre de connaissances de Physique et de Chimie ; mais cet enseignement a d'autres ambitions. On peut donc citer l'ensemble des objectifs suivants :

- *l'acquisition de connaissances ;*
- *l'acquisition de méthodes générales* : maîtrise du langage ; méthodes d'analyse et de raisonnement conduisant, par exemple, aux capacités de sélectionner les lois à appliquer, vérifier la validité d'une hypothèse, s'assurer de la pertinence des résultats trouvés, etc. ;
- *l'acquisition de méthodes propres aux sciences expérimentales* : émission d'hypothèses compte tenu de données, reconnaissance des variables pertinentes, mises au point d'un plan d'expérience, vérification expérimentale de la validité des hypothèses, etc. ;
- *l'acquisition de savoir-faire de traitement des données* : savoir-faire algébriques, savoir-faire géométriques, savoir-faire graphiques, etc. ;
- *l'acquisition de savoir-faire expérimentaux.*

Ce tour d'horizon est loin d'être exhaustif et la classification que nous avons faite n'est certainement pas unique. Elle a pour but de rappeler ici que les objectifs de l'enseignement des Sciences Physiques sont divers et appartiennent à des catégories différentes. D'autre part, quelles que soient les méthodes utilisées dans cet enseignement, les exercices y occupent une place importante : on peut donc se pencher sur le rôle qu'ils y jouent et chercher à les adapter à la diversité de ses objectifs.

I. LES DEUX RÔLES DE L'EXERCICE.

1. **Le premier rôle** qu'on peut attribuer à un exercice proposé aux élèves est de dresser le constat, à un instant donné, de leurs connaissances et de leurs aptitudes ; c'est ce que nous appellerons *l'exercice-bilan* ou *de contrôle*. En cours d'année, il est à la fois utile au professeur et aux élèves pour faire le point. En fin de cycle, au Baccalauréat par exemple, son utilisation est évidente !

2. **Le deuxième rôle d'un exercice** est d'être un outil précieux pour l'apprentissage. Il permet aux élèves de consolider leurs

connaissances, de s'entraîner en vue de l'acquisition des différentes méthodes et de la maîtrise des différents savoir-faire que nous avons énumérés plus haut. A ce titre, il s'intègre donc dans la progression du cours comme technique d'apprentissage. Là, le professeur peut intervenir pour préciser un point particulier, fournir une donnée supplémentaire... ; de ce fait, sa forme peut être plus souple que celle des précédents. Ce n'est que par abus de langage que ces exercices sont souvent appelés des « contrôles » ; nous les appellerons plutôt *exercices de progression*.

Une même situation expérimentale, un même contenu théorique ou méthodologique peuvent servir de base à deux exercices de type différent ; mais la similitude s'arrête là car la rédaction de l'exercice peut être notablement différente suivant le type.

Notre groupe de travail s'est surtout préoccupé des exercices du type bilan. En particulier, nous avons cherché à améliorer l'adéquation du contrôle aux buts de l'enseignement et nous avons tenté de définir ce que devrait comporter un bilan satisfaisant.

II. L'ADEQUATION ENTRE CONTRÔLE (4) ET BUTS DE L'ENSEIGNEMENT.

Il est bien évident que les capacités évaluées par le contrôle doivent être en accord avec les objectifs visés par l'enseignement.

1. Un véritable contrôle (4) doit viser tous les objectifs fondamentaux.

Cette condition vise à l'équilibre du contrôle. Or, ceci est délicat car cet équilibre a plusieurs composantes. En général, nous sommes assez vigilants sur l'équilibre concernant le contenu : la physique par rapport à la chimie ; une partie du programme par rapport à une autre (par exemple, la mécanique par rapport à l'électricité). Mais l'équilibre entre le contrôle des connaissances et celui des méthodes ou des savoir-faire est très souvent beaucoup moins bien respecté. Ainsi, l'analyse des exercices proposés au baccalauréat montre que le contrôle de l'acquisition de certaines méthodes ou de certains savoir-faire n'est que très rarement effectué. Il nous semble donc important d'affirmer que :

- pendant l'année, dans une classe, l'ensemble des exercices de contrôle doit porter sur l'ensemble des contenus et sur l'ensemble des objectifs de méthode et de savoir-faire ;
- dans l'épreuve-bilan d'un examen, il n'est évidemment pas possible d'être exhaustif. Il est cependant nécessaire de rechercher un certain équilibre en ne privilégiant pas tel type d'objectif par rapport à tel autre.

(4) Nous utiliserons ici le mot « contrôle » dans son sens général, en le réservant donc à l'ensemble des exercices utilisés à cette fin.

2. Capacités implicitement mises en jeu.

Nous avons déjà signalé qu'un contrôle doit porter sur les capacités mêmes que l'enseignement entend développer. Ceci nécessite que les capacités évaluées par un exercice soient clairement définies et explicitées ; mais l'exercice met souvent en jeu des capacités dont la nature ou l'importance n'ont pas été prévues. Si l'on n'y prend garde, apparaissent des difficultés nouvelles qui peuvent perturber l'évaluation des capacités visées initialement. Prenons un exemple familier : un exercice facile et relativement rapide à résoudre comporte un énoncé très long. Il y a de grandes chances pour que cet exercice teste avant tout la capacité de résistance des élèves à l'affolement, leur sang-froid plus que leurs connaissances. Dans ce cas, on ne sait pas à quelle cause attribuer l'échec. Ceci est vrai dans bien d'autres domaines.

3. Interactions contrôle \longleftrightarrow enseignement.

La nature des exercices a aussi un rôle implicite tout à fait capital dans notre enseignement. Plus que toutes les déclarations d'intention, il conditionne la façon dont l'ensemble des activités pratiquées pendant le cours sont reçues par les élèves. Ce qui est contrôlé devient important et on y attache du prix.

Ceci est vrai pour les exercices de contrôle pendant l'année scolaire, mais c'est encore plus vrai pour le contrôle final : le baccalauréat ! Alors que le rôle explicite de ce dernier est de faire le point sur les connaissances et les aptitudes des candidats, il conditionne en fait la façon dont sont interprétés les programmes et les directives officielles, aussi bien par les élèves que par les professeurs.

III. LA MISE EN ŒUVRE D'UN BON CONTRÔLE.

1. Peut-on tout contrôler en un seul exercice ?

a) Lorsque les différents exercices d'une épreuve de contrôle ou d'examen visent surtout à couvrir la plus grande partie du contenu du programme de façon à vérifier les connaissances des élèves dans des domaines aussi variés que possible, les autres catégories d'objectifs de notre enseignement ne sont alors testés *qu'indirectement* au travers de ces exercices ; il en résulte que ces capacités sont mal ou insuffisamment évaluées ou même que certaines d'entre elles ne le sont pas du tout.

b) D'autre part, on peut remarquer que certaines formes d'exercices ne permettent pas de savoir si certains types d'objectifs sont atteints. Par exemple, signalons un cas particulier que déplorent tant les chimistes et les physiciens : il est très difficile, voire impossible, d'évaluer les savoir-faire expérimentaux à travers une épreuve écrite.

L'exercice idéal qui permettrait de tout tester est une utopie. Ainsi, dans les exemples qui suivent, nous nous sommes attachés à mettre en évidence les principales capacités que chaque type d'exercice permet d'évaluer.

2. Nécessité de la complémentarité des exercices.

Ce qui n'est pas possible avec un seul exercice peut être réalisé avec plusieurs ; c'est pourquoi nous pensons qu'il faut mettre au point des types d'exercices bien distincts.

a) Une bonne épreuve d'examen doit être équilibrée :

- dans le domaine des contenus (les sujets des différents exercices étant choisis dans des parties différentes du programme) ;
- dans celui des différentes capacités testées. Il en résulte que les questions posées peuvent être de formes variées. Le maître-mot d'une épreuve d'examen devrait donc être la *complémentarité* des divers exercices.

b) De plus, l'ensemble d'une épreuve doit être d'une longueur raisonnable. Nous avons déjà signalé que la trop grande longueur d'une épreuve de contrôle perturbe l'évaluation des capacités visées. On n'oubliera pas, par ailleurs, qu'au cours d'une épreuve comportant cinq (ou quatre) exercices indépendants, l'élève doit à plusieurs reprises porter sa réflexion sur des sujets différents et chaque fois réorganiser toute sa pensée ; ceci constitue en soi une difficulté supplémentaire et demande du temps... aussi peut-on dire que l'épreuve actuelle du baccalauréat teste mieux que la précédente la capacité d'adaptation et l'agilité intellectuelle des candidats.

c) Si on diversifie ainsi les types d'exercice proposés aux élèves, l'activité qu'ils auront à développer sera assez différente d'un exercice à un autre. Pour que la « règle du jeu » soit bien comprise, il faut donc indiquer clairement ce qu'on demande. Ceci est encore plus important dans la période transitoire où on introduira progressivement des exercices nouveaux. On peut donc être amené à indiquer explicitement dans le texte quel type d'activité est demandé ou même quel type est formellement exclu ; par exemple : « dans cet exercice, on ne demande aucun calcul... ». Cela permettra au correcteur de tirer avec moins d'ambiguïté une conclusion du test et, d'autre part, cela valorisera auprès des élèves la capacité testée.

d) A titre d'exemples, nous publions ici quelques exercices de physique et de chimie qui illustrent la variété souhaitée aussi bien dans la forme que dans les capacités à mettre en œuvre.

EXERCICES DE PHYSIQUE

A) Explications de textes

I. IDEE GENERALE.

Les exercices qui suivent sont centrés sur l'idée suivante : il s'agit de développer, ou de contrôler selon les cas, la capacité de « lire en profondeur ». Une telle compétence dont l'intérêt dépasse évidemment le cadre de la Physique, devrait en particulier permettre à l'élève de faire la différence entre ce qu'il comprend et ce qu'il ne comprend pas.

Il s'agit d'exercices qui libèrent provisoirement l'élève du souci de produire un calcul pour centrer son attention sur la *signification* d'un texte qui lui est présenté, et sur le *mécanisme de la démonstration*. Si l'on considère la proportion de son temps qu'un élève consacre à la lecture ou à l'audition de documents produits par d'autres (l'auteur du manuel, le professeur, le camarade qui passe gentiment la solution de son problème ou ses notes de cours), on peut s'étonner que l'éducation à la critique de texte soit traditionnellement réservée aux matières littéraires ou, à l'extrême limite, aux textes de vulgarisation scientifique. Cette remarque n'est pas là pour dénigrer les activités habituellement proposées aux élèves — production de solution d'exercice, exploitation de situations expérimentales... — mais pour contribuer à en relativiser l'importance. Par ailleurs, on peut espérer que l'éducation à la critique de texte soit aussi de nature à améliorer la qualité de rédaction des élèves. Il s'agit donc, plus globalement, d'une éducation de l'aptitude à communiquer.

II. « RECETTES DE FABRICATION ».

Ce titre un peu provocateur ne doit pas laisser penser qu'il s'agit d'un genre d'exercice déjà figé, astreint à des normes intangibles. Mais il faut bien voir qu'un autre extrême est à éviter : celui de questions qui n'ont de sens que pour l'auteur qui attend une réponse bien particulière. Ainsi il semble préférable d'éviter une interrogation du type : « commentez tel passage », « que pensez-vous de telle phrase ? » ou même : « telle démonstration vous paraît-elle rigoureuse ? » Dans les exemples qui suivent, et qui ne prétendent pas être les premiers du genre, l'effort a porté vers une focalisation importante des questions sur des points relativement précis, voire « techniques ».

Sans obéir à une typologie rigoureuse, les questions proposées peuvent néanmoins, pour la plupart, se ranger sous l'une des rubriques suivantes, qui pourront peut-être aider le lecteur intéressé à construire des exercices analogues :

- S — *La signification des symboles ou expressions verbales utilisés dans le texte* : on demande de dire avec des mots ce que désigne tel ou tel symbole ou telle expression verbale.
- A — *L'influence du codage dans la désignation des symboles et dans l'écriture des relations algébriques du texte* : cette rubrique renvoie à ce que l'on désigne habituellement par « les conventions de signe »,

exemples :

qu'est-ce qui change dans ce texte si l'on change l'orientation de l'axe des x ? si l'on change le sens positif de l'intensité du courant ?

- H — *Les hypothèses du texte* : on examine là les fondements mêmes de l'argumentation du texte. Cette rubrique correspond à des questions souvent difficiles pour les élèves,

exemples :

où telle hypothèse intervient-elle ?

sur quelle hypothèse repose telle affirmation ?

que doit-on changer si on change telle hypothèse ?

analyser les ordres de grandeur qui justifient telle hypothèse ?

- C — *Le déroulement du calcul,*

exemples :

telle égalité est-elle démontrée dans le texte à partir d'une autre ?

où se situent les simples intermédiaires de calcul ?

- R — *Le résultat* : c'est la signification de la conclusion du texte qui est en cause ici,

exemples :

énoncer (avec des phrases) le résultat ;

comment telle grandeur varie-t-elle lorsque telle autre croît ?

évaluer l'ordre de grandeur de telle grandeur dans telles circonstances.

- P — *Les prolongements du résultat* : ce sont les questions qui ressemblent le plus à celles d'un exercice classique. Il s'agit de pousser un peu plus loin le calcul présenté dans le texte pour en tirer des informations supplémentaires.

Cette liste n'est évidemment ni exhaustive ni hiérarchisée. Elle suit simplement l'ordre logique des « opérations de compréhension » du texte. Il n'est pas évident que cet ordre doive être néces-

sairement respecté dans l'exercice, d'autant plus que, cela a été signalé au passage, les questions peuvent être de difficulté très inégale.

Enfin, les rubriques que l'on vient de décrire, aussi spécifiques soient-elles, mettent encore en jeu un éventail de capacités. En particulier, il ne faudrait pas croire que les connaissances n'interviennent pas dans de tels exercices.

III. DEUX EXEMPLES.

Les exemples qui suivent ont été principalement centrés sur les programmes de Terminales C, D et E et l'on s'est efforcé de les rendre aussi compatibles que possible avec une situation de contrôle. De façon générale, l'activité d'explication de texte devrait déborder largement le cadre des contrôles. Le choix des textes présentés ici est simplement guidé par le souci de montrer que les explications de texte peuvent aussi prendre une forme relativement classique et se prêter à une correction sans ambiguïté.

Les questions sont accompagnées, pour la plupart, d'un symbole qui les rattache à l'une des catégories détaillées précédemment. Ce classement peut être discuté et n'est nullement essentiel pour un usage intéressant des questions. D'autres textes sont disponibles, qui illustrent en particulier certaines des rubriques non représentées ici.

Les questions qui accompagnent chaque texte étant indépendantes les unes des autres, il appartiendra au lecteur intéressé de faire un choix parmi elles selon les capacités qu'il souhaite développer et selon le temps disponible.

Exemple I

LIRE ATTENTIVEMENT LE TEXTE SUIVANT :

MOUVEMENT D'UN SATELLITE

Intéressons-nous seulement aux satellites à trajectoires circulaires. On démontre (propriété d'un mobile soumis à une force centrale) que le plan de la trajectoire contient le centre de la Terre.

* Choisissons, comme repère, le repère géocentrique que nous supposons galiléen.

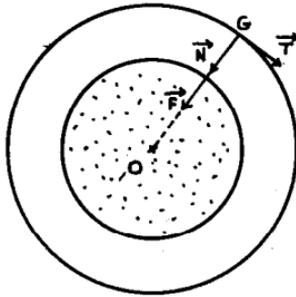
* Choisissons, comme système matériel, le satellite.

* Faisons le bilan des forces extérieures appliquées : le satellite n'est soumis qu'à l'attraction gravitationnelle due à la Terre.

La relation fondamentale nous permet d'écrire :

$$\Sigma \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G \Rightarrow \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G \iff \vec{a}_G = \vec{\mathcal{G}}.$$

Dans la base de Frenet (\vec{T}, \vec{N}) , nous avons (fig.) :



$$\vec{g} \begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{a}_G \begin{pmatrix} \frac{dv}{dt} \\ v^2 \\ r \end{pmatrix}$$

Donc :

$$\frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = \text{Cte}$$

(la vitesse est constante : le mouvement est uniforme)

$$\text{et :} \quad \frac{v^2}{r} = g \Rightarrow v = \sqrt{g \cdot r} = \sqrt{g \cdot (R + z)}$$

$$\text{Or :} \quad g = G \cdot \frac{M}{(R + z)^2} = g_0 \cdot \frac{R^2}{(R + z)^2}$$

(avec : $g_0 = g_0$, valeur du champ de pesanteur à l'altitude $z = 0$),

$$\text{donc :} \quad v = R \cdot \sqrt{\frac{g_0}{R + z}}$$

Ainsi, pour une altitude $z = 300$ km, on trouve $v = 7,72$ km. s⁻¹.
La durée d'un tour, ou période, du satellite est :

$$T = \frac{2\pi \cdot (R + z)}{v} = \frac{2\pi \cdot (R + z) \cdot \sqrt{R + z}}{R \cdot \sqrt{g_0}}$$

REPONDRE ENSUITE AUX QUESTIONS SUIVANTES :

- S 1° Qu'est-ce que le repère géocentrique ? Les vecteurs de base de ce repère tournent-ils en 24 heures comme la Terre sur elle-même ?

- S 2° Que désignent respectivement les symboles r , R et M ?
- R 3° Le vecteur vitesse du satellite est-il constant ? Justifiez votre réponse.
- R 4° Deux satellites A et B en orbite circulaire ont respectivement des altitudes z_A et z_B telles que $z_A > z_B$. Lequel a la plus grande vitesse linéaire ?
- H 5° La vitesse du satellite ne dépend pas de sa masse. A quel endroit de la démonstration introduit-on ce qui explique ce résultat ?
- C 6° La relation $\mathcal{G} = G \frac{M}{(R+z)^2}$ est-elle démontrée dans le texte à partir d'autres relations précédentes ?
- S 7° Quelle est la signification du symbole \mathcal{G}_0 ?
- C Donner les intermédiaires de calcul entre l'égalité :
- $$\mathcal{G} = G \frac{M}{(R+z)^2} \text{ et l'égalité } \mathcal{G} = \mathcal{G}_0 \frac{R^2}{(R+z)^2}.$$
- P 8° Montrez, à partir du texte, que la quantité $T^2 r^{-3}$ a la même valeur pour tous les satellites en orbite circulaire.

Exemple II

LIRE ATTENTIVEMENT LE TEXTE SUIVANT :

ETUDE DE LA TRAJECTOIRE D'UNE PARTICULE CHARGÉE DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

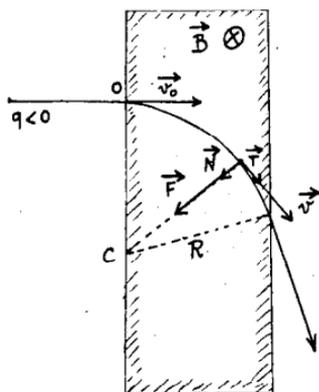
Le champ est uniforme ; la vitesse initiale \vec{v}_0 est orthogonale à \vec{B} .

Considérons une particule de masse m , de charge q , pénétrant dans un champ magnétique uniforme \vec{B} . La vitesse initiale \vec{v}_0 est orthogonale aux lignes de champ (fig.). Négligeons le poids de la particule ; elle peut donc être considérée comme soumise à la seule force d'origine électromagnétique :

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}).$$

L'accélération \vec{a} est liée à la force appliquée, et ce, par la relation fondamentale de la dynamique :

$$m \cdot \vec{a} = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}).$$



A tout instant, le vecteur \vec{a} est orthogonal à \vec{B} .

La trajectoire est toute entière dans le plan perpendiculaire à \vec{B} et contenant \vec{v}_0 .

Supposons $q < 0$: le trièdre \vec{v} , \vec{B} , \vec{F} est inverse. Nous en déduisons le sens de la déviation.

Dans le repère de Frenet, nous avons :

$$\begin{aligned}\vec{F} &= m \cdot (\vec{a}_N + \vec{a}_T) \\ &= m \cdot \frac{v^2}{\rho} \cdot \vec{N} + m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \vec{T} = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}).\end{aligned}$$

Il vient :

$$\begin{aligned}*\quad \vec{F} \cdot \vec{v} &= 0 \Rightarrow \vec{a}_T = \vec{0} \\ &\Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = v_0 = \text{Cte.}\end{aligned}$$

$$*\quad q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}) = \frac{m \cdot v^2}{\rho} \cdot \vec{N}.$$

La relation entre les normes et les valeurs absolues s'écrit :

$$|q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha = m \cdot \frac{v^2}{\rho}$$

avec ρ : rayon de courbure de la trajectoire.

Or :

$$v = v_0 \quad \text{et} \quad \sin \alpha = 1 \quad (\alpha = 90^\circ)$$

d'où :

$$|q| \cdot v_0 \cdot B = \frac{m \cdot v_0^2}{\rho}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B}$$

Le rayon de courbure est constant. La trajectoire est un cercle de rayon :

$$R = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B}$$

REPONDRE ENSUITE AUX QUESTIONS SUIVANTES :

- S 1° Que représentent les symboles \vec{a}_N , \vec{a}_T et α ?
- H 2° Enoncer la propriété de la force qui permet d'affirmer que le mouvement est uniforme.
- H 3° Le mouvement est-il encore uniforme ?
 a) si le champ magnétique n'est plus uniforme ?
 b) si le champ magnétique \vec{B} est uniforme et la vitesse initiale \vec{v}_0 non perpendiculaire à \vec{B} ?
- H 4° Quelle(s) est(sont) l'(les) hypothèse(s) du texte qui conduit(sent) à une trajectoire plane pour la particule chargée ?
- H 5° Quel est le mouvement de la particule si \vec{v}_0 est parallèle au champ uniforme \vec{B} ?
- H 6° Le fait que le champ \vec{B} soit uniforme intervient à plusieurs reprises dans cette démonstration. Récapituler où et comment ?
- H 7° On « néglige le poids de la particule » : par rapport à quoi ?
- R 8° Avez-vous une idée des ordres de grandeur de v_0 , B, R dans un synchrotron (*question à poser en dehors de l'examen*).

IV. RESULTATS DES PREMIERS ESSAIS EN CLASSE TERMINALE.

Ces exemples et quelques autres du même type ont été diffusés auprès des terminales scientifiques françaises et de nombreux

professeurs ont bien voulu envoyer leurs impressions et quelques copies de leurs élèves.

a) Impression d'ensemble.

Au-delà de quelques divergences, les commentaires se rejoignent sur de nombreux points, essentiellement les suivants :

- Ce sont effectivement des aptitudes bien particulières que l'on évalue : compréhension plus que mémorisation, rigueur plus qu'intuition, analyse plus que génie créateur...
- En conséquence, il ne faudrait sûrement pas se limiter à ce type d'exercice.
- La longueur de lecture de l'énoncé est à prendre en considération, tout particulièrement dans un contrôle qui comprendrait également d'autres exercices. Le temps moyen requis est de l'ordre de 40 à 45 minutes par exercice. Ce type d'activité est très bien adapté au travail à la maison.

Parmi les suggestions, on trouve notamment celles-ci : faire des exercices analogues à partir de textes relatant une expérience, ou de textes de vulgarisation.

Ces remarques s'accompagnent d'un avis très généralement favorable à la pratique de tels exercices, auxquels les élèves semblent avoir fait dans l'ensemble bon accueil.

Citons, à titre d'exemple, les résultats d'un sondage aimablement communiqué par M. MARANDON (Lycée de Lannemezan ; 22 élèves de Terminale C) :

Question posée : Quel est votre avis sur ce type d'exercice ?

<i>Réponse</i> :	Nombre d'élèves
Très favorable	1
Plutôt favorable	14
Plutôt contre	5
Contre	2

b) Un aperçu sur les résultats détaillés.

Les indications qui figurent ci-après ne représentent pas une évaluation nationale mais seulement quelques éléments d'information recueillis à la lecture de divers échantillons. Les pourcentages mentionnés n'ont qu'une valeur indicative et peuvent varier du simple au double d'une classe à une autre. Les exemples de réponse permettront simplement de fixer les idées sur le genre de choses auxquelles on peut s'attendre à la correction de tels exercices.

Exemple I : 70 élèves de Terminale C ; temps moyen requis : 40 à 45 minutes.

Question 1.

— 30 % des élèves font tourner le repère géocentrique avec la Terre.

— A remarquer aussi quelques commentaires qui accompagnent :

la réponse « juste » (et qui la remettent peut-être en question) :

« Les vecteurs de base sont immobiles dans le temps et dans l'espace comme tous les repères, sinon cela n'en serait plus un ».

« Les vecteurs de base de ce repère ne tournent pas : tout reste immobile ».

« C'est un repère lié à la Terre : les vecteurs de base ne tournent pas sur eux-mêmes en 24 heures ».

... ou la réponse fausse :

« Le repère tourne suivant la période propre du satellite ».

... ou la non-réponse :

« Le repère géocentrique est le repère situé géographiquement au centre de la Terre ».

« ... est le centre de la Terre ».

Question 2.

Très bien réussie dans l'ensemble.

Question 3.

Confusion habituelle (40 %) entre le vecteur et la norme.

Question 4.

Assez bien réussie ; quelques élèves se bornent à donner une formule.

Question 5.

Question difficile à comprendre pour l'élève et difficile à corriger pour le professeur. En effet, les réponses « justes » laissent un léger doute sur la profondeur de la compréhension, faute de mettre en jeu le contre-exemple d'une force non proportionnelle à la masse :

$$\ll \Sigma \vec{f} = m \vec{a}_G = m \vec{G} \Rightarrow \vec{a}_G = \vec{G} \gg.$$

$$\ll \text{Lors de la simplification : } \vec{F} = m \vec{a}_G \Rightarrow \vec{a}_G = \vec{G} \gg.$$

... un peu moins clair :

« Lorsqu'on écrit $\vec{a}_G = \vec{g}$, alors on ne s'occupe plus que d'accélération et donc on abandonne l'étude de la masse du satellite (sauf celle de la Terre) ».

« Lorsque l'on dit $v = R \sqrt{\frac{g_0}{R+z}}$, alors on voit bien que la vitesse du satellite ne dépend pas de sa masse ».

... et de plus en plus faux :

« ...l'attraction gravitationnelle ne tient pas compte de la masse du satellite ».

« Seule la force de gravitation est prise en compte, le poids n'intervient pas ».

Question 6.

Bien comprise ; 70 % de bonnes réponses. Un professeur, gêné par cette formulation, l'avait remplacée par celle-ci : « la relation a-t-elle sa justification dans le texte ? » Cela semble avoir perturbé les élèves dont certains ont cherché à évaluer l'utilité de ladite relation.

Questions 7 et 8.

Environ 50 % de réponses précises et justes sur la signification de \mathcal{G}_0 .

La fin de l'exercice est très proche d'un exercice classique et donne les résultats habituels.

Exemple II : 85 élèves de Terminale C ; temps moyen requis non précisé spécifiquement pour cet exercice par les professeurs expérimentateurs.

Question 1.

Quasi unanimité sur les réponses correctes pour \vec{a}_N et \vec{a}_T : 20 % d'erreurs sur α :

« α est l'angle de déviation de la particule ».

« α est l'angle que fait la trajectoire avec l'horizontale ».

Question 2.

55 % de raisonnements complètement corrects.

Erreur la plus fréquente : « $R = C^te$, donc le mouvement est uniforme ».

Question 3.

10 % de réponses correctes en *a*) et *b*), bien justifiées.

80 % des élèves qui ont donné une réponse complète et juste à la question précédente donnent une réponse fautive en *a*) et/ou en *b*), alors que rien dans le raisonnement fourni en réponse à la question 2 n'est affectée par les hypothèses de la question 3.

a) « Si \vec{B} n'est pas uniforme, \vec{F} n'est pas uniforme donc le mouvement n'est plus uniforme ».

« Le mouvement n'est plus uniforme si le champ magnétique ne l'est pas ».

« Le rayon de courbure varie, donc le mouvement n'est plus uniforme ».

« La trajectoire n'est pas uniforme ».

b) « \vec{B} et \vec{v} ne sont plus perpendiculaires, \vec{F} et \vec{v} non plus, le mouvement n'est plus uniforme ».

Ce changement de registre de raisonnement entre la question 2 et la question 3 mérite l'attention. Il peut en particulier s'expliquer par une forte « adhérence » entre les significations que les élèves attribuent aux expressions « mouvement uniforme » et « mouvement circulaire uniforme ».

Question 4.

L'une des plus difficiles de toute la série d'exercices proposés ; 20 % d'abstention.

Un raisonnement complet est rarissime et, le plus souvent, on obtient un ou deux éléments suivants :

\vec{v} ou \vec{v}_0 perpendiculaire à \vec{B} : 40 %,

\vec{a} ou \vec{F} perpendiculaire à \vec{B} : 20 %,

\vec{B} uniforme en direction : 10 %,

La force électromagnétique est la seule qui intervienne : 10 %.
(Toutes ces catégories ne sont pas exclusives).

A noter : Des élèves ne comprennent pas le sens de la question et se bornent à citer la conclusion du texte : « la trajectoire est toute entière dans le plan perpendiculaire à \vec{B} et contenant \vec{v}_0 ».

Question 5.

Dans l'ensemble, question bien réussie.

60 % remarquent que $\sin(\vec{v}, \vec{B}) = 0$ et donc $\vec{F} = \vec{0}$.

40 % disent que la trajectoire (1) est rectiligne, la particule non déviée.

20 % seulement concluent que le mouvement (1) est rectiligne et uniforme.

10 % disent que la particule « reste immobile » ; « la particule ne subit aucune influence et n'a aucun mouvement ».

Question 6.

Très difficile là encore ; 30 % d'abstention.

(1) C'est nous qui soulignons.

La réponse la plus fréquente est celle-ci (50 %) :

« B uniforme intervient dans le rayon de courbure $R = \frac{m v_0}{qB}$ qui, autrement, ne serait pas constant ».

On note aussi des réponses qui semblent supposer que pour calculer une grandeur qui dépend d'autres grandeurs, il faut que ces dernières soient constantes (2).

Pour 20 % des réponses : « Ceci intervient quand on calcule l'angle entre \vec{v} et \vec{B} . \vec{v} est constant et \vec{B} également. On peut donc calculer le sinus de l'angle, ce qui ne serait pas possible si \vec{B} n'était pas uniforme ».

Question 7.

Quasi unanimité sur la réponse : « le poids est négligeable par rapport à la force électromagnétique » (ou « de Lorentz » ou « magnétique »).

Question 8.

60 % d'abstention et des réponses très dispersées, sauf sur un point : « la vitesse est très grande ». On trouve même des valeurs supérieures à celle de la lumière ! En revanche, on ne trouve pas d'ordre de grandeur de $\|\vec{B}\|$ supérieur au tesla.

B) Exercices visant prioritairement l'évaluation de capacités d'ordre expérimental

Dans les deux exercices suivants, l'élève doit faire preuve d'initiative pour bâtir lui-même une expérience, avec réflexion critique sur ses propres propositions, à partir de ses connaissances et à l'aide d'un certain savoir-faire expérimental.

Aucune question n'est posée en termes de contrôle de connaissances mais le choix et l'explication du montage proposé passe par une certaine somme d'acquis que l'élève doit en plus organiser lui-même. En effet, les énoncés ne détaillent ni les étapes de l'analyse ni la manière d'exploiter les connaissances.

Premier exercice (programme de Seconde).

Vous voulez vérifier la valeur R de la résistance d'un conducteur ohmique ; celle-ci est annoncée 140 Ω ; le conducteur

(2) Sur ce phénomène et d'autres liés à la notion de constante, on trouve des éléments dans : « Le raisonnement fonctionnel chez les étudiants » (J.I.E.S. Chamonix 1983) ; L. VIENNOT.

ne peut supporter une intensité supérieure à 20 mA (intensité maximale = 20 mA).

Vous disposez des appareils suivants :

- un générateur délivrant une tension continue de 6 V, pratiquement constante pour un courant d'intensité pouvant varier entre 0 et 10 A ;
- un ampèremètre de résistance négligeable dont les calibres sont : 10, 50, 100, 500 mA et 1,5 A ;
- un voltmètre de très grande résistance dont les calibres sont : 3, 15, 30, 150 V ;
- trois boîtes de résistances :
 - A_1 de valeurs 10, 20, 30, ..., 100, 110 Ω ($I_{max} = 0,1$ A),
 - A_2 de valeurs 100, 200, 300, ..., 1 000, 1 100 Ω ($I_{max} = 0,025$ A),
 - A_3 de valeurs 1 000, 2 000, 3 000, ..., 10 000, 11 000 Ω ($I_{max} = 0,0025$ A).

Proposez le schéma d'un montage à réaliser et précisez la méthode permettant de déterminer la valeur R.

N'oubliez pas, bien sûr, que :

- aucun appareil utilisé ne doit être détérioré ;
- les calibres choisis doivent être indiqués et leur choix justifié.

Deuxième exercice (programme de Terminale).

Vous possédez un dipôle constitué d'un conducteur ohmique, d'une bobine d'inductance non négligeable et d'un condensateur, ces trois éléments étant placés en série.

a) Vous voulez savoir si ce dipôle est inductif ou capacitif à la fréquence 50 Hz.

Vous disposez du matériel suivant :

- une source de tension sinusoïdale alternative marquée 6 V - 50 Hz ;
- un oscillographe bicourbe ;
- les fils de connexion nécessaires.

Que faites-vous pour répondre à la question ? Il faut : un schéma détaillé du montage, une description des réglages et mesures à faire, l'interprétation de ces mesures.

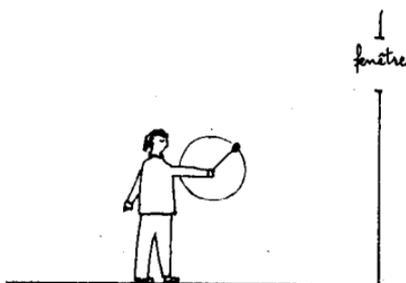
b) Un autre élève effectue la même manipulation que vous sur le même dipôle mais avec un autre générateur délivrant un courant alternatif sinusoïdal dont la fréquence est réglée sur 200 Hz.

Arrive-t-il à la même conclusion que vous ?

C) Autre exemple

La fronde.

Dans cet exercice, on ne demande aucun calcul, ni littéral, ni numérique. On pourra utiliser, sans les démontrer, les résultats établis en cours sur la chute des corps dans le champ de pesanteur terrestre. On néglige l'action de l'air sur le caillou.



A proximité d'un mur où se trouve une fenêtre, un enfant fait tourner un caillou au bout d'une ficelle de longueur constante. Le mouvement du caillou a lieu dans un plan vertical perpendiculaire au mur et en face de la fenêtre. Le mouvement du caillou est supposé circulaire et uniforme. La main de l'enfant est toujours à la même hauteur par rapport au sol, mais l'enfant peut se placer plus ou moins près du mur. Le bas de la fenêtre est situé plus haut que le sommet du cercle. La ficelle casse quand le caillou est en un point P de la trajectoire.

1) A partir de l'analyse des différentes formes possibles de la trajectoire du caillou après rupture de la ficelle, déterminer l'ensemble E des points P à partir desquels il est impossible que le caillou atteigne la fenêtre, quelles que soient les valeurs des différentes grandeurs pouvant varier. On envisagera les deux sens de rotation possibles.

2) Faire la liste de toutes les grandeurs dont il est nécessaire de connaître la valeur pour pouvoir répondre à la question : « dans le cas où P n'appartient pas à E, le caillou atteint-il la fenêtre ? »

Plusieurs listes sont possibles ; une seule est demandée. La présence d'une grandeur inutile sera pénalisée au même titre que l'absence d'une grandeur utile.

Quelques remarques à propos de cet exercice.

Le sujet étudié dans cet exercice est connu de l'élève ; la difficulté réside dans le fait que la situation physique envisagée est décrite en termes « naïfs » et non déjà modélisée comme dans un exercice classique. On teste l'aptitude de l'élève, d'une part à

analyser une situation concrète, d'autre part à la redécrire à l'aide de concepts et de grandeurs physiques qu'il a l'habitude d'utiliser.

La réponse aux questions posées ne passe pas par une redémonstration de résultats du cours. Le but de l'exercice n'est donc pas de contrôler des connaissances, au sens strict, ni un savoir-faire de calcul, mais l'élève ne peut pas résoudre le problème sans une bonne connaissance et une bonne compréhension du phénomène mis en jeu. La justification des résultats n'est pas demandée dans ce texte : la bonne réponse est en elle-même la preuve de la connaissance acquise (par exemple, l'élève n'a pas à écrire que le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire, mais il est obligé de connaître cette propriété).

Ce type d'exercices ne teste que certaines aptitudes, mais, en les isolant, il permet de mieux situer le niveau des difficultés rencontrées par l'élève. En particulier, il est intéressant de suivre la démarche de l'élève lors de la résolution de la première question ; en effet, selon le raisonnement suivi, le fait de fixer la position de l'enfant ou de lui permettre de se déplacer peut faciliter ou non la résolution.

EXERCICES DE CHIMIE

Les exercices de chimie qui suivent ne sont pas tous du même type et leur forme est variée. Tous nécessitent, bien sûr, des connaissances préalables ; cependant, les différentes questions posées permettent aussi de tester d'autres capacités de l'élève.

Le premier exercice s'apparente, surtout par sa forme, aux explications de texte ; il nécessite une analyse attentive du texte mais il s'agit surtout d'un exercice de connaissances.

Le deuxième exercice est plus classique par sa forme. Il teste certes des connaissances acquises, mais la mise en application de ces connaissances demande une analyse approfondie du texte et une réflexion assez poussée. Les élèves qui auront déjà vu cette expérience seront avantagés.

Le troisième exercice consiste en une analyse de renseignements fournis par des courbes et en la mise en œuvre d'une argumentation et d'un raisonnement. Une remarque importante s'impose ici : l'apprentissage en classe des courbes du graphe n° II détournerait l'exercice de son but initial et le transformerait exclusivement en un exercice de mémorisation.

Le quatrième exemple s'intègre dans le contrôle de type « explication de texte ». Il ne constitue pas un énoncé d'exercice de baccalauréat ; il s'agit d'une liste de questions qu'il est pos-

sible de poser à partir d'un article de journal et dont on peut extraire des exercices pour proposer en classe de Première ou Terminale. Il est important de montrer aux élèves que les réactions chimiques apprises au lycée sont utilisées par l'industrie chimique. Parmi les questions possibles, on peut envisager celles qui utilisent certains termes ou expressions du texte comme prétexte à contrôle de connaissances. Sinon, l'accent est mis sur ce qu'on pourrait appeler un « décodage » du texte, en faisant rechercher, à partir de renseignements tirés de celui-ci, le nom et la formule de composés.

CHIMIE - Exercice N° 1

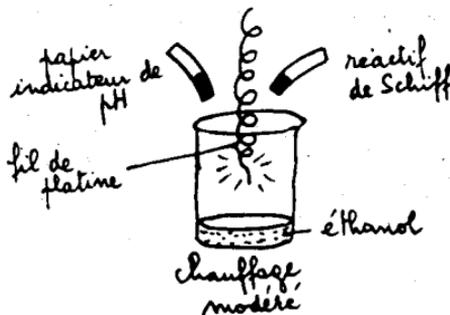
Lire attentivement le texte suivant avant de répondre aux questions qui le suivent.

Texte - OXIDATION DE L'ETHANOL

L'éthanol peut être oxydé en éthanal et en acide éthanoïque.

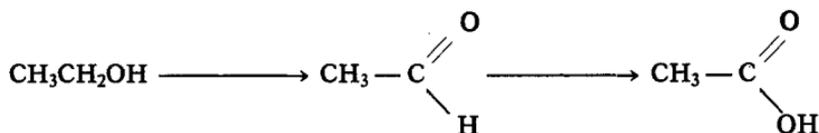
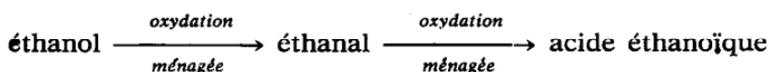
1° Oxydation ménagée par l'oxygène de l'air (expérience de la « lampe sans flamme »).

On chauffe légèrement un bécher contenant un peu d'éthanol pur, afin d'obtenir, au-dessus du liquide, un mélange de vapeur d'alcool et d'air. On introduit ensuite dans le bécher, au-dessus du liquide, un fil de platine porté au rouge (voir figure). On



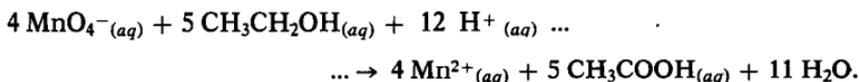
constate que l'incandescence du platine persiste car il se produit à son contact une oxydation de l'alcool. D'autre part, un papier imbibé de réactif de Schiff, placé au voisinage du platine, rosit : ce test caractérise la formation d'aldéhyde (ici l'éthanal). On décèle simultanément une odeur de pomme due à l'éthanal. Enfin, un papier indicateur de pH, humide, permet de déceler la présence d'un acide (il s'agit ici de l'acide éthanoïque).

Cette expérience met en évidence deux stades d'oxydation possibles de l'éthanol :



2° Action d'un autre oxydant.

On peut utiliser, par exemple, une solution de permanganate de potassium. L'éthanol peut être oxydé, suivant les conditions expérimentales, en éthanal ou en acide éthanoïque ; on obtient souvent un mélange de ces deux corps. Si le permanganate est en excès, l'éthanol est oxydé en acide éthanoïque ; l'équation-bilan s'écrit :



Remarque.

Les expériences réalisées avec l'éthanol peuvent l'être également avec d'autres alcools primaires.

Questions :

1° Ecrire les équations-bilan des réactions qui se produisent dans le bécher.

2° Quel est le rôle du fil de platine dans cette expérience ?

3° La réaction d'oxydation de l'alcool est exothermique, endothermique ou athermique : quelle est la phrase du texte qui permet de répondre sans ambiguïté à cette question ? Donner cette réponse.

4° Dans l'équation-bilan de l'oxydation de l'éthanol par le permanganate de potassium, l'acide éthanoïque est écrit $\text{CH}_3\text{COOH} (aq)$.

Que signifie (aq) ?

Pourquoi n'a-t-on pas écrit : $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$?

5° Pourquoi l'auteur précise-t-il « alcools primaires » dans la remarque ?

Principales capacités testées :

Surtout analyse de texte (les formules chimiques sont données).

Connaissances.

Analyse du texte.

Synthèse de connaissances ; mise en œuvre de connaissances situées dans une autre partie du programme.

Connaissances.

CHIMIE - Exercice N° 2

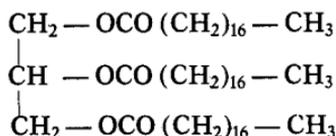
Les deux expériences décrites ci-après permettent de préparer du glycérol (propanetriol-1,2,3).

Première expérience :

On fait agir, à chaud, une solution aqueuse concentrée d'hydroxyde de sodium sur le tributanoate de propanetriyle-1,2,3 (ce triester de l'acide butanoïque est communément appelé « butyryne » ; c'est un corps gras contenu dans le beurre). Au bout de 2 à 3 heures, on ajoute dans le mélange du chlorure de sodium et on agite ; un produit surnage sur la couche aqueuse à la suite de cette opération appelée « relargage ».

Deuxième expérience :

On fait agir, à 250°C et sous une pression de quelques bars, en présence d'ions mercure (I) catalyseurs, de l'eau sur de la stéarine de formule :



L'acide stéarique obtenu, insoluble, se sépare du milieu.

Questions :

1° Ecrire les équations chimiques des réactions qui interviennent dans chaque expérience ; donner les noms des différents composés obtenus.

2° Quel nom porte chacune de ces réactions ?

3° Quel produit surnage lors du relargage ? Justifier la réponse.

4° Au cours de la deuxième expérience, la réaction est pratiquement totale ; pourquoi ?

Principales qualités testées :

Analyse de texte et connaissances.

Connaissances.

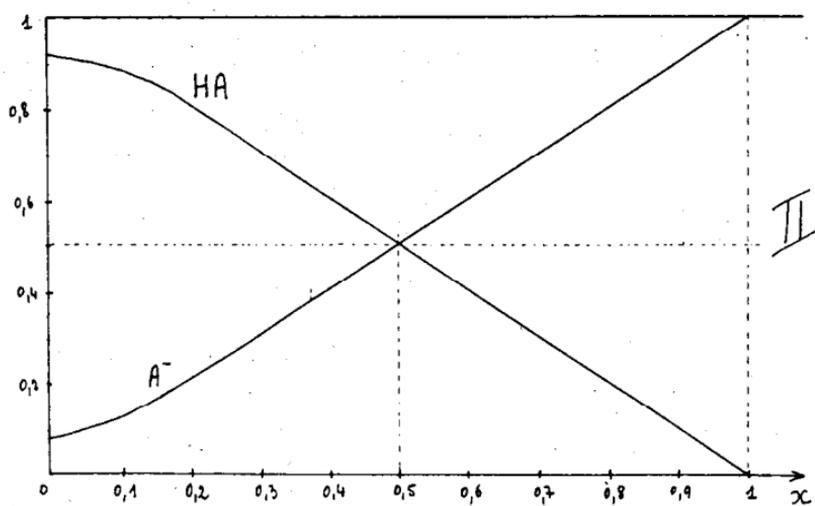
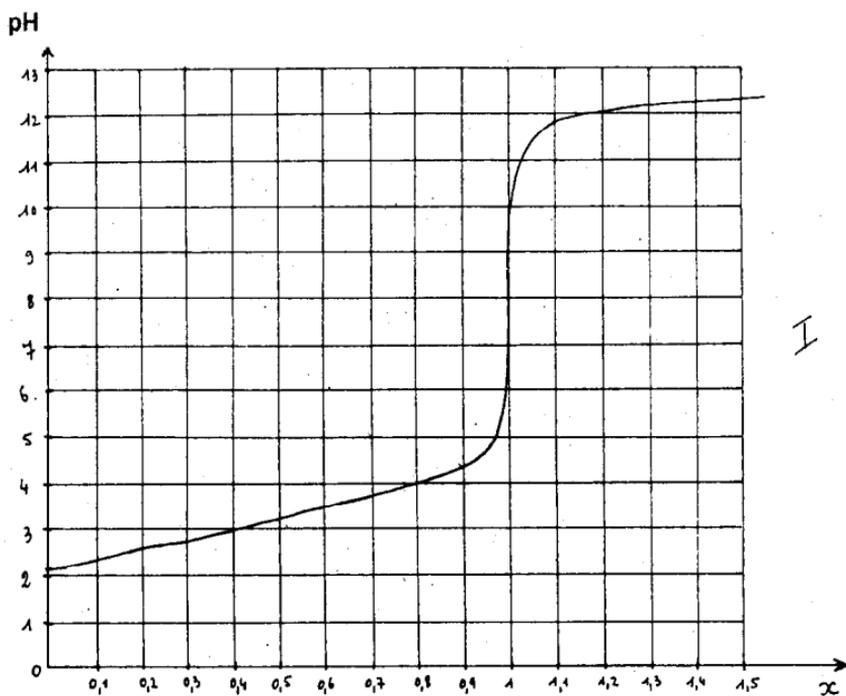
Mise en œuvre de connaissances.

Argumentation à partir du texte.

CHIMIE - Exercice N° 3

On étudie la réaction entre un acide faible et l'hydroxyde de sodium, en solution aqueuse ; la solution initiale d'acide a une concentration $C = 0,1 \text{ mol.l}^{-1}$; dans un volume donné de cette solution, on verse par très faibles fractions une solution très concentrée d'hydroxyde de sodium, le volume total restant donc

pratiquement constant au cours de cette opération. Les concentrations de l'acide faible et de sa base conjuguée sont notées respectivement $[HA]$ et $[A^-]$. Les mesures effectuées au cours de cette expérience sont traduites par les graphes I et II.



La courbe I montre l'évolution du pH de la solution ; le graphe II montre les variations des rapports $\frac{[HA]}{C}$ et $\frac{[A^-]}{C}$.

Questions :

1° La variable x a la même signification dans les deux graphes.

Que représente cette variable et à quoi correspond $x = 0,5$ et $x = 1$?

2° Quelle propriété de la solution le graphe II traduit-il pour $x = 0,5$?

Quels résultats connus pouvez-vous ainsi retrouver ?

3° Déterminer en utilisant l'un des graphes le pourcentage de molécules d'acide ionisées dans la solution initiale de cet acide.

4° Pour $\text{pH} = 4$, donner avec le minimum de calculs les valeurs des concentrations de HA, A^- et Na^+ .

Principales qualités testées :

Analyse d'une courbe et transposition de connaissances.

Lecture d'un graphe ; connaissances.

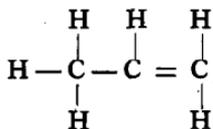
Utilisation judicieuse d'un graphe.

Technique d'utilisation de graphe.

CHIMIE - Exercice N° 4

Lire attentivement le texte ci-après puis répondre aux questions posées.

UN PRODUIT-CLE : LE PROPYLENE



La première production industrielle, en 1920, est le fait de la Standard Oil of New Jersey (aujourd'hui Exxon) par craquage des gaz de raffineries. Le propylène a été ainsi la première matière pétrochimique. Il est progressivement surclassé par l'éthylène lorsqu'à la veille de la guerre sont mis en service aux Etats-Unis des vapocraqueurs donnant principalement, entre autres produits, de l'éthylène et du propylène.

En Europe, la première production de propylène par vapocraquage d'essence légère (naphta) est opérée en Grande-Bretagne en 1942 ; en France, elle survient en 1952.

Aujourd'hui, la capacité mondiale de production de propylène à usage chimique avoisine 29 millions de tonnes et représente la moitié de celle de l'éthylène...

Jusqu'en 1950 le propylène est obtenu essentiellement par craquage thermique et catalytique des gaz de raffineries. Il trouve d'ailleurs dans la raffinerie une bonne part de son débouché, soit comme source de chaleur, soit pour la production de trimères et de tétramères utilisés dans l'essence à haut indice d'octane...

Jusqu'à présent, le propylène est le seul composé qu'on ne puisse obtenir autrement que par la voie des hydrocarbures liquides ou gazeux...

Un potentiel élevé d'innovation.

Les matières plastiques ont été le moteur du développement du propylène, mais les applications de celui-ci concernent de nombreux secteurs de la chimie organique et le potentiel d'innovation autour de ce produit de base est élevé.

Neuf applications majeures sont aujourd'hui recensées en Europe :

- 1 *le polypropylène* (29 % du propylène consommé), le plus jeune des grands thermoplastiques, est obtenu directement par polymérisation...
- 2 *le nitrile acrylique ou acrylonitrile* (17 %), est obtenu par réaction avec l'ammoniac et l'oxygène. Il sert à la production des fibres acryliques dont les qualités sont les plus proches de celles de la laine...
- 3 *l'oxyde de propylène* (12 %), est obtenu soit par oxydation du propylène, soit par l'intermédiaire de la chlorhydrine (réaction du chlore sur le propylène)...
- 4 *le cumène* (1) (8 %) résulte de la fixation du propylène sur le noyau benzénique...
- 5 *les alcools linéaires*...
- 6 *l'alcool isopropylique* : on l'obtient par simple hydratation du propylène. C'est un solvant industriel. Son oxydation donne l'acétone, un solvant des peintures et vernis et un intermé-

(1) Formule du cumène :



diaire pour l'industrie des explosifs, de la photographie, de la pharmacie et de la cosmétologie...

- 7 *l'acide acrylique*, obtenu par oxydation du propylène. Sa réaction avec les alcools donne des acrylates utilisés comme monomères pour la production d'esters polyacryliques utilisés soit sous forme de solutions dans les peintures et vernis (peintures pour automobiles), soit sous forme d'émulsions dans les peintures acryliques à l'eau, dans les apprêts pour textiles, dans le couchage du papier. En raison de leur hydrosolubilité, les polymères acryliques sont utilisés pour l'épuration des eaux, la consolidation des sols, la stabilisation des boues de forage pétrolier. Ils entrent enfin sous forme de copolymères dans les résines et fibres diverses...
- 8 *certaines élastomères de synthèse...* (2)
- 9 *l'acroléine*. Cette huile âcre (aldéhyde acrylique) s'obtient par oxydation du propylène. C'est un composé utilisé essentiellement pour la synthèse de la méthionine, un acide aminé que les animaux doivent trouver dans leur alimentation car ils ne sont pas capables de le synthétiser eux-mêmes avec un rendement suffisant. Ils le trouvent dans la farine de poisson, le tourteau de soja, le gluten de maïs. La production de méthionine, pour laquelle la France tient une place de leader mondial, permet de réduire les importations de soja.

Extrait du n° 7 de « *Molécules* » (avril 1983),
Magazine de l'Union des Industries chimiques,
64, avenue Marceau - 75008 Paris.

Questions

Formules développées ; nomenclature. Vous avez sans doute remarqué que ce texte utilise, pour désigner les corps organiques, des noms usuels.

- Quels sont les noms en nomenclature systématique du propylène et de l'éthylène ?
- La formule développée de l'acide acrylique est :

$$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{COOH}$$
 donner la formule de l'acroléine.
- La méthionine est un acide- α aminé : quelle est la formule développée du groupe d'atomes que doit contenir sa molécule ?

(2) Signification du mot « élastomère » : matière macromoléculaire présentant une haute élasticité, pouvant servir de caoutchouc artificiel.

Contrôle des connaissances ; explication de mots.

- Qu'entend-on par « craquage des gaz de raffineries » ?
- Que veut dire le mot « pétrochimie » et par suite expliquer la phrase : « le propylène a été ainsi la première matière pétrochimique » ?
- Pourquoi peut-on polymériser le propylène ? Qu'est-ce qui distingue le propylène d'un trimère ou d'un tétramère ?

Ecriture des équations-bilan des réactions chimiques mentionnées dans le texte ; leur utilisation éventuelle pour découvrir la fonction chimique et la formule de composés.

- Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit lorsqu'on utilise le propylène comme source de chaleur.
 - Donner l'équation-bilan de la réaction permettant de préparer l'oxyde de propylène par « oxydation du propylène » (utiliser les formules développées).
 - Ecrire l'équation-bilan de la formation du cumène par « fixation du propylène sur le noyau benzénique ».
 - A l'aide du texte, établir la formule développée de « l'alcool isopropylique » et donner son nom en nomenclature systématique.
 - Donner l'équation-bilan d'un exemple de formation d'un acrylate.
 - Pourquoi peut-on polymériser un acrylate pour produire un ester « polyacrylique » ?
-