

L'évaluation en classes terminales

REFLEXIONS DU GROUPE DE TRAVAIL (*)

par A. CROS,
Inspecteur Général.

Depuis sa création, il y a maintenant plus d'un an, notre groupe de travail animé par l'Inspection Générale s'est régulièrement réuni et a poursuivi sa réflexion, distinguant de façon fondamentale l'évaluation régulière et continue dans la classe de celle qui se situe en fin d'études secondaires au Baccalauréat. Assez rapidement, dans un article au B.U.P. (numéro 659, décembre 1983), nous avons informé les collègues de notre travail en même temps que nous présentions des exemples d'exercices quelque peu différents des exercices traditionnels, invitant chacun à approfondir de son côté sa réflexion sur ce problème. Aujourd'hui, nous faisons le point en espérant que notre travail sera utile à tous.

Dans notre précédent article, nous avons signalé la nécessité d'équilibrer une épreuve d'examen en indiquant que cet équilibre devait être réalisé dans deux domaines différents : le domaine des contenus (les différentes parties du programme) et celui des capacités testées. Notre conclusion était : « Le maître-mot d'une épreuve d'examen devrait donc être la complémentarité des divers exercices ». Une part importante de notre travail a donc consisté à bien définir cette complémentarité essentiellement dans le domaine des capacités évaluées.

(*) Le groupe de travail est composé actuellement de MM. CROS Inspecteur Général, BURIE Inspecteur Général, JOUBERT Inspecteur Pédagogique Régional, GRIOTIER Inspecteur Pédagogique Régional, PERRAUDIN Inspecteur Pédagogique Régional, M^{mes} CARRE L.I.R.E.S.P.T. Paris VII, VIENNOT L.D.P.E.S. Paris VII, DUBOC Université Paris VI, JOLY professeur au Lycée Louis-le-Grand, MM. MEALLET professeur à Versailles, MICHALET professeur au Lycée Louis-le-Grand, M^{mes} SIGLI professeur à Orsay, TINNES professeur à Meaux, TIVETI professeur au Lycée Lamartine, VERLHAC professeur au Lycée François-Villon. Tous les enseignants membres de ce groupe travaillent à titre bénévole (sans décharge de service, heure supplémentaire ni remboursement de frais de déplacement); M. MEALLET et M^{me} CARRE travaillent également au groupe CHAPHAM.

I. LES CAPACITES A EVALUER

Pour être exploitable de façon significative, un test d'évaluation doit répondre à certaines exigences. *Le test doit évaluer des connaissances ou des capacités bien déterminées.* D'autre part, il est nécessaire de se fixer un (ou des) niveau (x) d'exigence pour chaque capacité visée ; il est nécessaire de se fixer aussi l'importance relative des différentes capacités évaluées. Ces deux derniers points font appel à des choix faits par l'évaluateur et dépendent du but recherché. La rédaction du test doit être soigneusement étudiée afin d'éviter, en particulier, que des capacités parasites ne viennent masquer celles que l'on a visées et empêchent ou trompent leur évaluation (voir ci-après page 800).

Après de longues réflexions et de nombreux tâtonnements, nous avons établi une « grille » que nous vous proposons plus loin. Cette grille a pour but de bien préciser et de classer les différentes capacités que l'on demande aux élèves d'acquérir et, par conséquent, dont on cherchera à évaluer l'acquisition. Elle est propre aux Sciences Physiques et les exemples qui l'illustrent sont relatifs à la classe terminale.

On aurait pu proposer une autre grille : en effet, les sens des mots « capacités, connaissances, savoir-faire... » ne sont pas exactement les mêmes pour tout le monde ; d'autre part, tous les essais de classement relatifs à une activité intellectuelle sont discutables et parfois même sujets à caution. Telle qu'elle est, cette grille est opérationnelle : nous l'avons adoptée pour notre travail, nous l'utiliserons comme référence dans tout cet article. Nous présentons la grille ci-après ; nous l'expliciterons ensuite.

A) GRILLE GENERALE DE CAPACITES A EVALUER.

I. Connaissances.

1. *Connaissances scientifiques.*
2. *Savoir-faire :*
 - a) d'ordre mathématique,
 - b) d'ordre physique.

II. Aptitude à l'utilisation des connaissances.

1. *Capacités liées à la méthode scientifique :*
 - analyser une expérience, une situation,
 - exploiter les renseignements fournis par l'analyse ou fournis par un texte,
 - savoir choisir parmi les connaissances antérieures,

- après une exploitation, faire une étude critique du résultat,
- faire preuve de cohérence dans l'ensemble d'une étude.
 - a) Mise en œuvre de ces capacités dans une situation voisine d'une situation connue.
 - b) Mise en œuvre dans une situation totalement inconnue.

2. *Maîtrise du langage.*

III. **Capacités propres à la méthode expérimentale.**

1. *Connaissances d'ordre expérimental.*
2. *Mise en œuvre d'expérimentations.*

B) **COMMENTAIRES SUR CETTE GRILLE.**

Nous allons d'abord expliciter certaines des rubriques ci-dessus.

1. **Capacité I (connaissances).**

Les connaissances scientifiques proprement dites comprennent les faits scientifiques, les lois, les unités, des définitions, des ordres de grandeur, etc.

Les savoir-faire d'ordre mathématique mettent en œuvre différentes capacités. Nous ne les considérons pas ici, car pour le physicien ou le chimiste, toutes ces capacités n'interviennent qu'à travers la maîtrise par l'élève des savoir-faire, depuis le calcul numérique jusqu'à la résolution d'équations plus ou moins compliquées ou de problèmes de géométrie.

Les savoir-faire d'ordre physique méritent une étude plus approfondie car ils interviennent en permanence et il est très important de distinguer dans l'évaluation un savoir-faire acquis (capacité I-2-b) de l'aptitude à construire un raisonnement qui fait appel à d'autres capacités (capacités II-1).

Un certain nombre de méthodes de raisonnement sont considérées comme des savoir-faire, parce qu'on les a utilisées à plusieurs reprises et qu'elles doivent donc être connues des élèves qui n'ont pas à en recréer les différentes étapes mais plutôt à les reproduire. Il n'est pas toujours facile de savoir si une question donnée fait appel à la capacité « connaissances, I-2-b » ou « utilisation de connaissances, II-1-a ». Les exemples qui suivent illustrent ceci, au niveau d'une classe Terminale scientifique et en fin d'année scolaire.

* *Exemple 1.* Ecrire l'équation du mouvement d'un pendule élastique vertical, en classe Terminale C ou E, le sens, l'orientation de l'axe n'étant pas imposé au candidat, relève d'un savoir-faire d'ordre physique. Si on impose le sens de l'axe, on évalue alors la capacité II-1-a pour un élève qui a appris cette question avec le sens opposé ; mais on ne peut le savoir si l'élève vient d'une classe inconnue et le test est alors mauvais. Si l'énoncé ne parle pas d'axe orienté, il s'agit encore d'un savoir-faire d'ordre physique (l'élève doit savoir qu'il lui faut choisir un axe orienté) mais à un niveau un peu plus élevé et le barème doit en tenir compte.

* *Exemple 2.* Ecrire l'équation d'un circuit oscillant R.L.C. série relève d'un savoir-faire (capacité I-2) lorsque la variable utilisée est l'intensité i ou la charge q du condensateur. Si l'on impose une autre variable, par exemple la tension u_1 aux bornes de l'inductance, l'exercice évalue alors la capacité II-1.

* *Exemple 3.* Utiliser à bon escient les unités MeV/c ou MeV/c² au lieu de celles du système international relève de la capacité I-2 (savoir-faire).

* *Exemple 4.* Calculer algébriquement un flux à travers un circuit plan, en particulier choisir convenablement les orientations, relève de la capacité I-2.

* *Exemple 5.* Exploiter une courbe de variation de pH peut relever des capacités I-2 ou II-1.

CAPACITÉ I-2 : trouver le point d'équivalence et dire sa signification ; à partir d'un point de la courbe, déterminer qualitativement et quantitativement les populations des diverses espèces chimiques dans la solution.

CAPACITÉ II : dans le cas où les approximations usuelles ne s'appliquent pas parce que la solution initiale est trop ionisée (acide ou base trop fort ou en solution trop diluée ; alors $\text{pH} \neq \text{pK}_a$ à la demi-équivalence) l'exploitation, même guidée, de la courbe relève des capacités II-1-a et parfois II-1-b.

* *Exemple 6.* Exploiter quantitativement l'équation-bilan d'une réaction chimique relève de la capacité I-2, que la réaction soit complète ou non.

* *Exemple 7.* Savoir écrire les formules des dipeptides obtenus à partir de deux acides α -aminés donnés, inversement retrouver les deux acides α -aminés à partir de la formule d'un dipeptide, font appel à la capacité I-2-b. Par contre, exploiter une série d'expériences successives ($A \rightarrow B$; $B \rightarrow C$; ...) chacune d'elles ne faisant appel qu'à des réactions simples à connaître (ou même parfois rappelées dans l'énoncé) fait appel à la capa-

cité II-1-a « exploiter des renseignements et savoir choisir parmi des connaissances antérieures ».

2. Capacités II.

L'aptitude à utiliser des connaissances est évidemment le but profond de notre enseignement, en particulier dans des situations totalement inconnues : c'est ce qu'on appelle alors le réinvestissement.

La maîtrise du langage (capacité II-2) peut être directement prise en compte dans l'évaluation : ainsi, lors de la correction d'un devoir on peut attribuer 1 ou 2 points au soin apporté à la rédaction, la présentation, à l'orthographe. Même si on ne la prend pas directement en compte, il ne faut pas oublier que si cette capacité n'est pas suffisamment atteinte elle peut masquer toutes les autres : quelles réponses attendre d'un élève qui n'a pas vraiment compris l'énoncé ou ne sait pas exprimer sa pensée ? Ici encore, comme pour les connaissances acquises, un minimum est indispensable et si l'on veut s'affranchir de cette capacité, la rédaction de l'énoncé doit faire l'objet d'un soin particulier afin de ne pas introduire de difficultés imprévues.

3. Capacités III (capacités propres à la méthode expérimentale).

Ces capacités ne sont pas toujours faciles à évaluer. Certaines sont évaluables à travers une épreuve écrite ; ce sont les connaissances d'ordre expérimental (III-1) : connaissance d'appareils, connaissances sur l'utilisation d'appareils (oscilloscope électronique...) ou sur la réalisation d'opérations déterminées (dosage, mesure de pH...). L'habileté expérimentale, la conduite d'une expérience, sa réalisation, ne sont pas évaluables à travers une épreuve écrite ; ce sont ces capacités que nous avons classées en III-2.

C) RELATIONS ENTRE LES DIFFÉRENTES CAPACITÉS DE NOTRE GRILLE.

Certaines capacités se situent dans des domaines différents et peuvent être testées indépendamment les unes des autres. Ainsi, il n'y a pas de lien entre les connaissances scientifiques proprement dites et les savoir-faire mathématiques (capacités I-1 et I-2-a). A l'inverse, les capacités propres à la méthode scientifique correspondant à l'application dans une situation voisine d'une situation connue (capacité II-1-a) ou dans une situation totalement inconnue (capacité II-1-b) sont liées et hiérarchisées ; la deuxième capacité, le réinvestissement, correspond à une étape plus approfondie de la méthode scientifique et ne peut être mise en œuvre que si la première capacité (II-1-a) est déjà bien acquise.

Les capacités concernant les connaissances et leur utilisation sont évidemment liées ; cependant, leur test ne l'est pas nécessairement. Ainsi, il est clair que l'on peut tester seulement l'acquisition de connaissances : c'est ce que font beaucoup (un peu trop sans doute à notre avis !) d'épreuves de devoir ou d'examen. On peut aussi, et dans une certaine mesure, tester l'aptitude à utiliser des connaissances en s'affranchissant de leur acquisition : il suffit de donner dans l'énoncé les connaissances *jugées nécessaires*. On remarquera cependant qu'*un minimum de connaissances est toujours indispensable*. Vouloir apporter dans un énoncé toutes les connaissances vraiment nécessaires, l'allongerait démesurément. En fait, un grand nombre de connaissances, généralement vues dans les classes antérieures, sont supposées acquises ; mais on peut donner dans un énoncé *une connaissance propre au programme de la classe* afin de tester une aptitude de mise en œuvre. Nous recommandons vivement de dissocier le plus possible l'évaluation des connaissances acquises et celle de leur utilisation ; lorsqu'il n'en est pas ainsi, on ne peut savoir à quelle cause attribuer un échec éventuel : l'élève a-t-il mal répondu parce qu'il n'avait pas les connaissances ou parce qu'il n'a pas su les utiliser ? De même, il faut éviter de construire un exercice en entier sur une seule connaissance ponctuelle du cours ; plus généralement, il faut éviter que la réussite à différentes questions d'un exercice soit conditionnée par une seule capacité que la première question seule aurait dû tester.

Nous avons déjà utilisé l'expression « capacités parasites » : ce sont celles que l'on ne cherche pas à évaluer dans un exercice mais que l'on risque d'évaluer si on n'y prend garde car elles doivent être nécessairement possédées par un élève pour qu'il puisse mettre en œuvre les capacités visées par cet exercice. Ainsi, dans les exemples précédents, les connaissances antérieures peuvent être des capacités parasites : si elles sont acquises (ce qui peut être évalué par ailleurs) alors il devient possible d'évaluer l'acquisition des capacités visées ; mais si elles ne sont pas acquises, cela devient impossible. Un autre exemple de capacité parasite est la capacité II-2 « maîtrise du langage » : il est très fréquent qu'un élève ne sache pas répondre parce qu'il n'a pas très bien compris sa pensée sans la déformer. C'est pour cela que nous recommandons d'apporter une attention particulière à la rédaction de tout énoncé écrit.

II. L'UTILISATION DE LA GRILLE DANS LA CLASSE ET A L'EXAMEN

Il est fondamental qu'au moment de toute évaluation, le professeur ait clairement défini ce qu'il évalue ; pour cela, il nous paraît indispensable qu'il dispose d'une « grille de capacités ».

L'utilisation de la grille et la prise en compte des résultats font appel à des choix dont certains relèvent de la pédagogie et d'autres d'une politique plus générale comme, par exemple, la finalité de l'examen du baccalauréat. Nous avons essayé de poser les principaux problèmes, d'apporter leur solution dans certains cas ; dans d'autres, il nous est apparu que la solution n'était pas de notre ressort et nous n'avons pas pris parti.

1. L'évaluation dans sa propre classe.

L'évaluation en cours d'année dans la classe n'a pas exactement la même finalité qu'à l'examen. Elle présente en particulier un important caractère formatif et joue un grand rôle dans les procédures d'apprentissage. Bien que notre propos soit centré sur la classe Terminale, il est facile de le transposer à toutes les autres.

a) Dans sa propre classe, le professeur doit évaluer et prendre en compte toutes les capacités développées par l'enseignement de sa discipline ; pour cela, il dispose de tout son temps (une année scolaire au moins). Les différents tests d'évaluation peuvent donc être spécifiques et ne porter que sur certaines capacités, mais l'évaluation d'un élève doit être complète et les différents tests seront donc complémentaires ; il est souhaitable qu'ils le soient aussi bien dans le fond que dans la forme. A ce sujet, n'oublions pas les exercices du type que nous avons dénommé « explication de texte » dans notre précédent article du B.U.P. ; ils permettent certes de s'assurer de la maîtrise du langage (capacité II-2), mais si les questions sont convenablement posées, ils permettent d'évaluer aussi d'autres capacités. Il faut donc que le texte lui-même soit bien sélectionné et que les questions soient bien étudiées et rédigées avec le plus grand soin (le texte ne devrait pas être trop long si l'évaluation se fait en un temps limité).

N'oublions pas aussi que le professeur a un rôle important à jouer dans l'orientation de ses élèves ; actuellement, il porte son appréciation sur des dossiers d'entrée en classe préparatoire aux Grandes Ecoles, en I.U.T... ; plus banalement, il peut se limiter à donner des conseils judicieux aux élèves et à leur famille. Pour savoir si un élève est apte à poursuivre des études supérieures scientifiques — et à les réussir — il est indispensable que l'on évalue les capacités II-1-a et II-1-b. Cela peut poser problème car la réussite aux tests mettant en œuvre la capacité II-1-b (ré-investir) ne sera peut-être jamais obtenue ou très difficilement, et il ne faudrait pas que l'élève ait le sentiment que le professeur va porter sur lui un jugement trop sévère, beaucoup plus sévère que celui de l'examen. Cela ne peut se faire que si le rôle de l'évaluation est clairement défini et connu des élèves ; en quelque

sorte, il faut établir des « règles du jeu » et les faire admettre des élèves et de leur famille.

Plus généralement d'ailleurs, on notera les avantages qu'il y a à établir un contrat entre le professeur et l'élève. Celui-ci doit savoir ce qu'on attend de lui afin de pouvoir répondre à cette attente ; d'autre part, lorsqu'il ne réussit pas une épreuve, il est bon qu'il sache pourquoi et dans quel sens il doit porter ses efforts pour essayer d'y remédier ; c'est l'un des aspects formatifs de l'évaluation.

b) Transfert des capacités évaluées par un test d'une catégorie à une autre ; la nécessité de fixer un contrat et de le respecter apparaît plus nettement si l'on envisage les transferts possibles : parce que les capacités classées en II-1 sont peut-être difficiles à mettre en œuvre, une tendance naturelle consiste, dans un exercice d'évaluation qui les vise, à transférer les capacités réellement évaluées dans la catégorie I-1 ou I-2 (connaissances et savoir-faire) où on pense que la réussite est plus facile. C'est ainsi que l'élève essaie parfois d'apprendre des raisonnements sans toujours les comprendre parce qu'il pense qu'il saura les restituer en tant que connaissances et qu'il fera ainsi l'économie des diverses étapes de la démarche scientifique. Parfois, le professeur l'aide dans cette tâche et, pour réussir plus facilement aux examens, il essaie de bien dégager les exercices-types qu'il est conseillé d'apprendre. Bien entendu, cela ne signifie pas qu'il n'est pas légitime de bien préparer ses élèves à la réussite aux examens, mais cette préparation doit toujours prendre en compte la nécessité de développer en eux différentes capacités et, par conséquent, de pouvoir les évaluer toutes.

c) La prise en compte de l'évaluation ; c'est l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre parce qu'il remet en cause des habitudes fortement enracinées aussi bien chez l'élève que dans les familles : c'est la traduction des résultats par une note (ou une lettre). Certes, la note prend en compte les différentes capacités évaluées mais elle ne fait pas état de toutes les informations dont dispose le professeur.

Lorsqu'on résume, sur un bulletin trimestriel, l'ensemble des résultats par une note unique, on peut dire que la plupart des informations ont été perdues. Pourtant, pour beaucoup et pour les familles en particulier, il est nécessaire de le faire afin de situer l'élève par rapport à la moyenne. Les quelques lignes d'appréciation écrites par le professeur s'efforcent de restituer quelque peu l'information perdue ; le font-elles suffisamment ? Ne serait-il pas souhaitable de noter séparément chacune des capacités ? Certains pensent qu'une appréciation à 4 niveaux suffit et qu'il est nécessaire d'éliminer le niveau « moyen », celui

qui sert de retranchement en évitant de prendre position (2 niveaux positifs : capacité partiellement ou totalement atteinte ; 2 niveaux négatifs).

2. L'évaluation en fin de classe Terminale.

a) *Remarquons tout d'abord qu'à l'examen, l'évaluation se fait à partir d'une épreuve unique*, ce qui implique que celle-ci doit évaluer l'ensemble des capacités jugées utiles : l'épreuve doit donc être convenablement équilibrée. Quant au problème de la perte d'informations dans une note chiffrée, on le retrouve à l'examen ; le livret scolaire bien conçu peut apporter les informations complémentaires.

b) *L'évaluation en fin de classe Terminale obéit à certaines finalités* et le poids respectif des différentes capacités évaluées doit être fonction de ces finalités. Dans le cas du Baccalauréat, on peut envisager qu'il s'agit soit d'un diplôme de fin d'études secondaires, soit d'un examen caractérisant l'aptitude à réussir des études supérieures, la série de l'examen définissant le domaine dans lequel ces études peuvent avoir lieu. Il ne nous appartient pas de prendre position sur ce point mais on peut toutefois remarquer que la finalité actuelle du baccalauréat n'est pas clairement définie et qu'il joue dans la pratique ces deux rôles différents. Nous voyons là la principale cause des difficultés rencontrées par les auteurs de sujet, les professeurs et les candidats.

c) *Toutes les capacités ne peuvent pas être évaluées sans ambiguïté par un examen écrit*. Les capacités notées en III dans notre grille (capacités liées à la méthode expérimentale) en sont une première illustration. La capacité II-1-b (transférer à une situation nouvelle, réinvestir) mérite une étude plus approfondie. A première vue, rien ne s'oppose à son évaluation par une épreuve écrite d'examen : il suffit de choisir un exercice faisant appel à une situation nouvelle pour l'élève et dans lequel il devra donc réinvestir. En fait, c'est bien difficile, voire impossible. En premier lieu, les candidats ayant des origines diverses et ayant donc eu des préparations différentes, on ne peut pas être vraiment certain que cette situation était vraiment nouvelle pour tous, même si le programme et les instructions détaillées fixent des limites précises à l'enseignement en classe. En deuxième lieu, utiliser à l'examen de tels exercices présente des dangers : ne pourrait-on pas dire que l'exercice sort du programme de la classe ? Et n'y a-t-il pas le risque, afin de transférer les capacités évaluées de la catégorie II-1-b à la catégorie II-1-a jugée plus facile, que les questions traitées dans ces exercices ne soient ensuite traitées en classe, ce qui conduit à un alourdissement de fait du programme ?

d) Pour appuyer notre réflexion, nous avons étudié dans le détail trois sujets d'examen de la session de juin 1982 : en séries C et E, les sujets de Paris et de Grenoble ; en série D, le sujet de Rouen ; nous les appellerons respectivement sujets A, B et C. Nous avons analysé chacun d'eux en fonction de notre grille ; nous disposons du barème donné aux correcteurs de l'examen et nous avons ainsi estimé, à partir des points attribués à chaque capacité évaluée, l'importance attribuée à chacune d'elles (sans séparer les capacités I - 2 - a et I - 2 - b). On verra d'ailleurs dans les pages suivantes l'étude détaillée d'un de ces sujets.

Les résultats sont les suivants :

Sujet A			
Capacités	Importance relative		
	Physique	Chimie	globalement
I - 1	46 %	46 %	46 %
I - 2	31 %	32 %	31 %
II - 1 - a	23 %	22 %	23 %
Sujet B			
I - 1	35 %	65 %	45 %
I - 2	42 %	20 %	35 %
II - 1 - a	23 %	15 %	20 %
Sujet C			
I - 1	33 %	35 %	34 %
I - 2	26 %	50 %	35 %
II - 1 - a	33 %	15 %	26 %
II - 1 - b	8 %	—	5 %

Ces pourcentages alimenteront certainement de nombreuses réflexions. Nous nous limiterons à quelques commentaires :

- Aucun sujet ne teste la capacité III ; un seul teste la capacité II - 1 - b.
- Le rapport entre les connaissances et l'utilisation de connaissances est-il meilleur dans le sujet C (environ 70 % et 30 %)

ou dans le sujet B (80 % et 20 %) ? Les avis sont partagés sur ce sujet et la réponse n'est pas de notre compétence puisqu'elle dépend de la finalité de l'examen. On peut seulement faire remarquer qu'une évaluation bien comprise dans sa classe doit accorder une place plus importante aux capacités II et III.

- Il n'est pas satisfaisant qu'apparaissent des différences significatives entre les trois sujets puisqu'il s'agit d'un même examen dans des Académies différentes. Cela peut être dû au fait que leurs auteurs n'ont pas explicitement défini une grille des capacités à évaluer ; ou au fait qu'ils n'ont pas attribué la même finalité à l'examen.
- L'équilibre entre la chimie et la physique est bien réalisé dans le sujet A ; pour les sujets B et C, la chimie est plus utilisée que la physique pour l'évaluation de connaissances. Il ne faudrait pas que cette tendance traduise une mauvaise conception de l'enseignement de la chimie.

En conclusion, nous ne saurions trop recommander qu'une évaluation en général, un sujet d'examen en particulier, respecte un équilibre bien défini entre les différentes capacités évaluées. La mise au point du sujet doit prendre impérativement en compte cette donnée ; l'établissement du barème de correction également. L'expérience nous a montré qu'il était bien difficile sinon impossible de remédier vraiment, aussi bien par une nouvelle rédaction que par un nouveau barème, à un sujet d'examen mal équilibré lors de sa conception.

Les exemples qui suivent illustrent nos réflexions sur les capacités évaluées par un exercice et sur l'équilibre d'un sujet.

ETUDE CRITIQUE D'UN SUJET D'EXAMEN

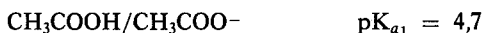
(sujet du Baccalauréat de Paris, session de 1982, séries C et E)

Le sujet qui suit a été appelé sujet A dans les pages précédentes. On trouvera ici, à la suite de l'énoncé, une étude détaillée des capacités évaluées par ce sujet d'examen. Nous avons cherché pour cela à définir la ou les capacité(s) mises implicitement en œuvre dans chaque question ou sous-question à laquelle le barème proposé aux correcteurs attribuait une valeur. Nous avons ainsi déterminé le nombre de points attribué à chaque capacité et nous avons traduit ces résultats en pourcentage. Les capacités ont été désignées, pour simplifier, par les numéros de notre grille (capacités I-1, I-2, II-1-a...). Cette étude est présentée sous la forme d'un tableau, dans la partie gauche ; la partie droite est relative aux mêmes questions, mais elle montre comment un barème conçu explicitement en fonction des capacités évaluées peut modifier (ou non) les résultats de cette évaluation. Enfin, chaque question est suivie de quelques remarques.

ENONCE

I

On prépare une solution aqueuse en mélangeant 0,1 mole d'acide éthanóique (acétique) CH_3COOH , 0,2 mole d'acide dichloro-éthanóique CHCl_2COOH et de l'eau distillée pour amener le volume à un litre. Le pH de la solution est sensiblement égal à 1,1. Pour les deux couples acide/base en présence le pK_a vaut respectivement :



1° Faire l'inventaire des espèces chimiques en présence.

2° Déterminer, pour chacun des couples précédents, le rapport $\frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}$. Commenter.

3° En écrivant les équations de conservation de la matière, pour CH_3COOH d'une part, et CHCl_2COOH d'autre part, et en utilisant les résultats de la question précédente, calculer la concentration molaire de chacune des espèces présentes dans la solution.

4° Dans l'équation de neutralité électrique, remplacer les concentrations par les valeurs numériques précédemment calculées. Que pensez-vous du résultat obtenu ?

II

Pierre et Anne savent qu'en partant d'un mélange d'une mole d'acide carboxylique et d'une mole d'alcool primaire on obtient $\frac{2}{3}$ mole d'ester et $\frac{2}{3}$ mole d'eau, selon une réaction d'équilibre chimique. Ils décident de préparer du propanoate d'éthyle le plus rapidement possible et avec le meilleur rendement possible.

A) Ils émettent quelques propositions. Parmi celles-ci, dites celles qui vous paraissent exactes, celles qui vous paraissent erronées. Justifiez vos réponses.

1° Anne pense qu'il faut utiliser de l'acide propanoïque et de l'éthanol-1.

3° Anne propose de mélanger au départ $\frac{1}{2}$ mole d'alcool et $\frac{1}{2}$ mole d'acide. Elle espère ainsi obtenir $\frac{1}{3}$ mole d'ester et $\frac{1}{3}$ mole d'eau.

4° Pierre propose, lui, un mélange contenant $\frac{1}{2}$ mole d'alcool et 2 moles d'acide. Anne, qui se range à son avis, affirme : nous obtiendrons ainsi $\frac{4}{3}$ mole d'ester.

5° Tous deux pensent accélérer la réaction en chauffant le mélange et en usant d'un catalyseur convenable.

6° Pierre fait remarquer qu'en partant de 1/2 mole d'alcool et 1/2 mole de chlorure d'acide (chlorure d'acyle), ils obtiendront l'ester avec un très bon rendement.

B) Si on mélange 1/2 mole d'alcool et 1/2 mole de chlorure d'acide comme le souhaite Pierre, quel alcool et quel chlorure d'acide faut-il mettre en présence pour obtenir du propionate d'éthyle ? Quelle masse de cet ester peut-on alors théoriquement obtenir ?

$$C = 12; \quad H = 1; \quad O = 16.$$

III

Dans cet exercice, les mouvements étudiés sont rapportés à des repères qu'on admet être galiléens. Seules les interactions gravitationnelles sont prises en compte. Les mobiles concernés (astres ou satellites) présentent une répartition de masse à symétrie sphérique.

1° Dans un repère $\mathcal{R}$, on considère deux astres ou satellites : A (de masse M) et B (de masse m). A, dont la masse est très grande devant celle de B, est supposée être immobile dans $\mathcal{R}$; dans ce repère, B tourne autour de A avec un mouvement uniforme et son centre décrit un cercle de rayon R .

a) Etablir la relation qui lie la vitesse V du centre de B, le rayon R de l'orbite, la masse M de A et la constante de gravitation universelle $\mathcal{G}$.

b) On connaît la période de révolution T de B autour de A ; exprimer V en fonction de T , en déduire la troisième loi de Kepler :

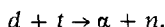
$$\frac{R^3}{T^2} = \mathcal{C}M$$

et donner l'expression littérale de $\mathcal{C}$ en fonction de $\mathcal{G}$.

2° *Application.* — Un satellite artificiel tourne autour de la Terre en 134 minutes, selon une orbite circulaire de rayon $R_s = 8,713 \cdot 10^3$ kilomètres. Sachant que la Terre décrit autour du Soleil en 365,25 jours une orbite qu'on pourra considérer comme circulaire de rayon $R_T = 1,496 \cdot 10^8$ kilomètres, calculer le rapport de la masse de la Terre à celle du Soleil.

IV

On accélère faiblement, sous une tension de l'ordre de 1 000 V, des noyaux de deutérium, leur communiquant ainsi une quantité de mouvement et une énergie cinétique très faibles. Cette énergie est néanmoins suffisante pour que ces noyaux, ainsi accélérés, produisent, lorsqu'ils frappent une cible de cuivre contenant du tritium inclus, une réaction de fusion selon le schéma :



On utilisera les valeurs rassemblées dans le tableau ci-après :

Nucléide	Composition en nucléons	Masse en u
Neutron	1_0n	1,008 66
Deutérium	2_1d	2,013 55
Tritium	3_1t	3,015 50
Alpha	${}^4_2\alpha$	4,001 50

avec l'unité de masse atomique $u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

1° Vérifier d'après la composition des partenaires en présence :

- la conservation du nombre de protons ;
- la conservation du nombre de neutrons.

2° Calculer, en unité de masse atomique u , le défaut de masse Δm de la réaction. En déduire l'énergie libérée par la fusion, exprimée en MeV.

3° On pose les hypothèses suivantes :

- la quantité de mouvement et l'énergie cinétique des noyaux de deutérium incidents sont si faibles qu'on pourra considérer que le système constitué par les particules α et n émises possède une quantité de mouvement initiale nulle et une énergie cinétique initiale égale à l'énergie libérée par la fusion ;
- cette énergie étant elle-même faible devant les énergies de masse des particules concernées, on pourra, pour la simplicité des calculs, utiliser les formules de la mécanique non relativiste.

Ecrire dans ces conditions, pour les particules émises, les relations traduisant :

- la conservation de la quantité de mouvement ;
- la conservation de l'énergie.

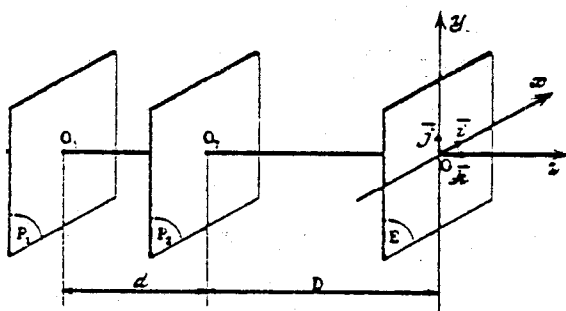
En déduire l'énergie cinétique E en MeV et la quantité de mouvement p en MeV/c du neutron émis.

4° Le noyau de deutérium n'ayant qu'un proton ne porte qu'une charge électrique. Calculer l'énergie acquise par ce noyau sous une tension de 1000 V, en eV et en MeV. En déduire sa quantité de mouvement en MeV/c. Les hypothèses imposées dans la question 3 étaient-elles justifiées ?

V

Un faisceau homocinétique d'électrons est émis, dans le vide, par le canon à électrons d'un téléviseur, avec la vitesse horizontale $\vec{v}$, parallèle à l'axe $z'z$ de l'appareil.

$$v = 1,0 \cdot 10^7 \text{ m. s}^{-1}.$$



Ce faisceau est soumis à l'ensemble de 2 champs magnétiques $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ uniformes, orthogonaux entre eux, et tous deux perpendiculaires à $z'z$, agissant dans un domaine limité par 2 plans P_1 et P_2 , perpendiculaires à $z'z$ et distants de :

$$O_1O_2 = d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Si $\vec{B}_1 = \vec{B}_2 = \vec{0}$, le faisceau produit alors un spot quasi ponctuel au centre O d'un écran E, parallèle aux plans P_1 et P_2 . Cet écran se trouve à la distance :

$$O_2O = D = 0,27 \text{ m de } P_2.$$

L'espace est rapporté aux axes Ox , horizontal, Oy vertical et Oz (confondu avec $z'z$), horizontal, de vecteurs unitaires respectifs $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$.

1° Déterminer les coordonnées sur Ox , Oy , Oz du vecteur champ $\vec{B}_1$, constant dans le temps et de valeur :

$$B_1 = 12,1 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

tel que, lorsque $\vec{B}_2 = \vec{0}$, la déviation x du spot soit horizontale et négative.

2° Déterminer les coordonnées sur Ox , Oy , Oz du champ $\vec{B}_2$, constant dans le temps et de valeur $B_2 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ tel que, lorsque $\vec{B}_1 = \vec{0}$, la déviation y du spot soit verticale et négative.

Dans ce cas, indiquer sans démonstration quelle est la forme de la trajectoire des électrons entre P_1 et P_2 d'une part, entre P_2 et E d'autre part. Préciser l'expression littérale et la valeur numérique des caractéristiques géométriques nécessaires à la détermination sans ambiguïté de cette trajectoire ; préciser également la nature du mouvement entre P_2 et E .

3° Le champ $\vec{B}_1$ déterminé au 1° et le champ $\vec{B}_2$ déterminé au 2° agissent désormais simultanément.

a) Montrer que la trajectoire des électrons entre P_1 et P_2 est située dans un plan. Figurer la trace tt' de ce plan sur l'écran. Déterminer l'angle α de tt' avec Ox .

b) Déterminer la valeur numérique de l'angle de déviation φ du faisceau.

c) Trouver les coordonnées x_1 et y_1 du spot situé en S sur l'écran.

Le problème sera traité dans l'approximation où d est négligeable devant D .

On rappelle que la masse de l'électron est $m_1 = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ et sa charge :

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C.}$$

QUESTION I (sur 4 points).

Question	Barème (1) proposé aux correcteurs	Points implicitement attribués dans le barème (1) à chaque capacité testée			Nouveau barème (2) explicitant les capacités testées	Points attribués dans le barème (2) à chaque capacité testée		
		I 1)	I 2)	II 1) a)		I 1)	I 2)	II 1) a)
1°	0,5	0,5			0,5	0,50		
2°	$\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{er}} \text{ rapport } [B_1]/[A_1] : 0,5 \\ 2^{\text{e}} \text{ rapport } [B_2]/[A_2] : 0,5 \\ \text{commentaire} : 0,5 \end{array} \right\}$	0,5	0,5	0,5	$\left\{ \begin{array}{l} \text{formule } pK_a : 0,25 \\ \text{calcul des rapports} : 0,25 \\ \text{commentaire} : 1 \end{array} \right\}$	0,25	0,25	1
3°	$\left\{ \begin{array}{l} \text{valeurs } [B_1], [A_1] : 0,5 \\ \text{valeurs } [B_2], [A_2] : 0,5 \\ \text{valeurs } [H_3O^+], [OH^-] : 0,5 \end{array} \right\}$	0,5	1		$\left\{ \begin{array}{l} \text{conservat. matière} : 0,25 \\ \text{utilisat. lois posées} : 0,75 \\ \text{résult. numériques} : 0,50 \end{array} \right\}$	0,25	0,75	0,50
4°	0,5			0,5	0,5			0,5
		1,5	1,5	1		1	1,5	1,5

Le nouveau barème proposé attribue des points non pas à chaque réponse numérique mais aux différentes capacités testées. L'augmentation de l'importance de la capacité II 1) a) dans ce barème vient du point attribué à la réponse donnée à la fin de la question 2° : « Commenter », ce qui peut paraître contestable pour une question aussi courte et posée de façon aussi imprécise. Le libellé suivant de la question 2° serait plus compatible avec ce barème :

2° a) Déterminer pour chacun des couples précédents le rapport $\frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}$.

b) Quelles conclusions peut-on tirer des valeurs numériques calculées au a) ?

QUESTION II (sur 3 points).

Question	Barème (1) proposé aux correcteurs	Points implicitement attribués dans le barème (1) à chaque capacité testée			Nouveau barème (2) explicitant les capacités testées	Points attribués dans le barème (2) à chaque capacité testée		
		I 1)	I 2)	II 1) a)		I 1)	I 2)	II 1) a)
A								
1° 2°	2 {	0,5						
3°			0,5					
4°				0,5				
5° 6°		0,5						
B	1 {							
		(équation chimique : 0,5	0,75	0,25				
		(résultat numérique : 0,5						
		1,75	0,75	0,5		1,75	0,75	0,5

Le barème proposé pour cet exercice n'a pas été changé ; les questions posées étant très nombreuses, on peut augmenter le nombre de points attribués aux plus difficiles sans sacrifier complètement les autres.

TOTAL POUR LA CHIMIE	3,25	2,25	1,5	2,75	2,25	2
	46,5 %	32 %	21,5 %	39 %	32 %	29 %

PHYSIQUE

QUESTION III (sur 3,5 points).

1°	a) 1 {	explication			lois : énoncés			
		des lois utilisées : 0,5	0,5		et utilisations : 1	0,5	0,5	
		expression de V : 0,5		0,5	expression de V : 0,5		0,5	

2°	1	{ expression de $\mathcal{C}$: 0,5 }	0,5	0,5	0,5	{ expression de $\mathcal{C}$: 0,25 }	0,25	0,25	
	1,5	{ expression de M_T/M_S : 0,5 calcul numérique : 1 }		0,5	1,5	{ express. de M_T/M_S : 0,5 calcul numérique : 1 }			0,5
			1	0,5			1		
			1	2	0,5		0,75	2,25	0,5

Le texte de la question 1° n'insiste pas suffisamment sur la nécessité d'une démonstration utilisant les lois de la mécanique. Le libellé suivant ferait comprendre au candidat qu'on exige de lui le rappel et l'utilisation de ces lois :

1° Dans un repère $\mathcal{R}$, on considère deux astres ou satellites : A (de masse M) et B (de masse m). A, dont la masse est très grande devant celle de B est supposé être immobile dans $\mathcal{R}$; dans ce repère, B tourne autour de A, son centre décrivant un cercle de rayon R .

a) Démontrer que le mouvement du centre de B est uniforme.

b) Etablir la relation qui lie la vitesse V du centre de B, le rayon R de l'orbite, la masse M de A et la constante de gravitation universelle $\mathcal{G}$.

Cet exercice permet surtout de tester les savoir-faire d'ordre physique et d'ordre mathématique du candidat puisqu'il s'agit d'une situation étudiée en cours.

QUESTION IV (sur 4 points).

1°	0,25		0,25		0,25		0,25		
2°	0,75		0,5	0,25		0,75			
3°	2	{ lois $\vec{p}$, énergie : 0,5 calculs E_n : 1,5 p_n }	0,5			{ lois $\vec{p}$, énergie : 0,5 utilisation des hypothèses : 0,5 utilisé. des unités : 0,5 résult. numériques : 0,5 }	0,5		
			0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
4°	1	{ calculs E_d, p_d : 0,5 justification des hypothèses : 0,5 }	0,25	0,25		0,5	0,25	0,25	
					0,5	0,5			0,5
			2	1	1		2	1	1

Le barème de cet exercice n'a pas été changé mais a été précisé pour la question 3°.

QUESTION V (sur 5,5 points).

Question	Barème (1) proposé aux correcteurs	Points implicitement attribués dans le barème (1) à chaque capacité testée			Nouveau barème (2) explicitant les capacités testées	Points attribués dans le barème (2) à chaque capacité testée		
		I 2)	I 1)	II 1) a)		II 1) a)	I 2)	I 1)
1°	1	1			0,75	0,75		
2°	2 { détermination de $\vec{B}_z$: 0,5 cercle puis droite : 0,5 expression et valeur de R : 0,75 mouvem. uniforme : 0,25	2			1,25 { détermination de $\vec{B}_z$: 0,25 trajectoires et mouvements : 1	1,25		
3°	a) { trajectoire plan et valeur de α : 1		} 1		a) $\vec{B} = \vec{B}_z + \vec{B}_x$: 0,75 direct. du plan/ $\vec{B}$: 0,75		} 1	2,5
b)	2,5 { calcul de φ : 1				calcul α : 0,5			
c)	{ coordonnées : 0,5				b) valeur de φ : 1 c) coordonnées : 0,5			
		3	1	1,5		2	1	2,5

Le texte et la résolution de cet exercice sont longs et alourdissent beaucoup l'ensemble de l'épreuve ; le barème proposé aux correcteurs a cherché à atténuer ce défaut en accordant plus de la moitié des points aux questions 1° et 2°, étudiées en classe, et en recommandant l'indulgence, mais il perturbe ainsi l'évaluation de capacités que cet exercice permettait de tester.

Les valeurs numériques demandées à la question 2° étant inutiles pour la suite, un petit allègement aurait pu être obtenu en n'exigeant pas ces précisions numériques.

TOTAL POUR LA PHYSIQUE ..	6	4	3	4,75	4,25	4
	46 %	31 %	23 %	36,5 %	33,5 %	31 %
ENSEMBLE DE L'ÉPREUVE ..	9,25	6,25	4,5	7,5	6,5	6
	46 %	31 %	23 %	37,5 %	32,5 %	30 %
	77 %			70 %		

Les questions proposées dans cette épreuve ne permettent pas de tester les capacités II 2) et III, ni les savoir-faire d'ordre graphique (construction ou interprétation de courbes).

Le nouveau barème change peu l'importance relative des différentes capacités ; il semble difficile de le faire sans modifier profondément la rédaction des questions.

Chaque exercice devrait être conçu et son texte construit de façon à permettre l'évaluation de telle ou telle capacité visée à l'avance par l'auteur.

Les textes d'exercices ci-après ne se veulent pas exemples de sujets de baccalauréat. Dans le groupe, nous considérons qu'ils peuvent être exploités, soit uniquement comme travail de recherche à la maison, soit comme contrôle en classe (le professeur saura alors exactement ce qu'il peut attendre de ses élèves en fonction de leur préparation antérieure), soit aussi, pour certains, comme contrôles d'examen. En aucun cas, nous ne voudrions que ces exemples soient prétexte à dépassement de programme ou à élévation du niveau des exigences de l'examen.

Les exemples proposés essaient de montrer comment le choix de la forme du texte et des questions posées à partir d'une même situation physique, permet de modifier partiellement, voire totalement, le type des capacités contrôlées. Il nous paraît indispensable d'insister sur l'importance de ce choix. Toute réflexion développée dans ce sens permettra, d'une part de mieux inculquer aux élèves une attitude de réflexion et de recherche indispensable à leur formation, d'autre part de réaliser des épreuves où la répartition des différentes capacités à tester sera mieux équilibrée.

Exercices sur le thème : détermination de la puissance moyenne consommée dans une portion de circuit en courant alternatif sinusoïdal

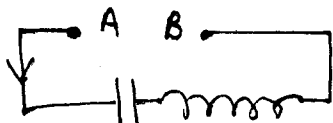
EXERCICE A

Un dipôle AB est constitué d'un condensateur de capacité $C = 2 \mu\text{F}$ en série avec une bobine de coefficient d'inductance $L = 0,6 \text{ H}$ et de résistance $R = 100 \Omega$. Il est alimenté par un générateur délivrant une tension :

$$u_{AB} = U\sqrt{2} \cos \omega t$$

($U = 6 \text{ V}$, fréquence : 50 Hz).

1^{re} version.



1) On choisit le sens de l'orientation du circuit, l'intensité du courant est $i = I\sqrt{2} \cos(\omega t + \alpha)$.

Dans toutes les questions suivantes, la démonstration des formules utilisées n'est pas demandée.

Il s'agit d'un exercice théorique.

La 1^{re} version teste :

— des connaissances scientifiques :

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2},$$

$$U = ZI,$$

$$P = UI \cos \varphi;$$

— des savoir-faire de calcul ;

— un savoir-faire d'ordre physique : détermination de α avec son signe ;

— la capacité II 1 a) de notre grille dans la 2^e question.

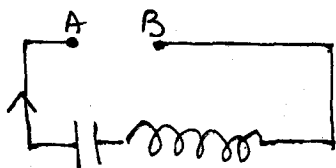
REMARQUE : Dans ce texte, on a introduit α et non φ pour éviter que l'élève n'utilise de façon irréfléchie la formule,

$$\text{tg } \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}.$$

On donnera l'expression littérale avant de passer au calcul numérique.

- Calculer l'impédance du circuit.
- Calculer l'intensité efficace du courant qui traverse ce dipôle.
- Calculer α .
- Calculer la puissance moyenne consommée par ce dipôle.

2) On change le sens de l'orientation du circuit, on a toujours :



$$u_{AB} = U \sqrt{2} \cos \omega t.$$

Que deviennent les réponses aux questions a, b, c et d ?

2^e version.

On ne pose que la question :

Calculer la puissance moyenne consommée par ce dipôle.

De même, nous n'avons pas employé les termes : déphasage, avance de phase, retard de phase parce que nous ne sommes pas sûrs que tous les élèves attribueront la même signification à ces termes.

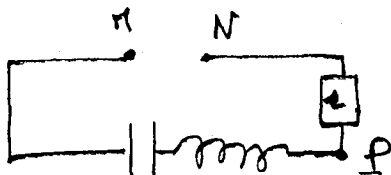
La 2^e version ne teste plus le savoir-faire d'ordre physique. L'objectif de l'exercice est essentiellement de tester la capacité II.1.a) sous la forme : exploiter les renseignements fournis par un texte et savoir choisir parmi les connaissances antérieures.

Si l'exercice est correctement résolu, l'élève possède la capacité II.1.a) mais aussi les connaissances scientifiques mises en œuvre. Si l'exercice n'est pas correctement résolu, ou l'élève ne possède pas les connaissances, ou la capacité II.1.a) n'est pas acquise. Pour le savoir, il faut que les mêmes connaissances soient testées dans un autre exercice.

EXERCICE B

1^{re} version.

On considère le dipôle MN constitué d'un condensateur monté en série avec une bobine (R, L) et un conducteur ohmique de résistance $r = 40 \, \Omega$. Il est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace, et de fréquence réglables.



Cet exercice part de données fournies par l'expérience.

Les questions 1 et 2 testent :

- des connaissances scientifiques :

$U = rI$ aux bornes du conducteur ohmique ;

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$P = UI \cos \varphi ;$$

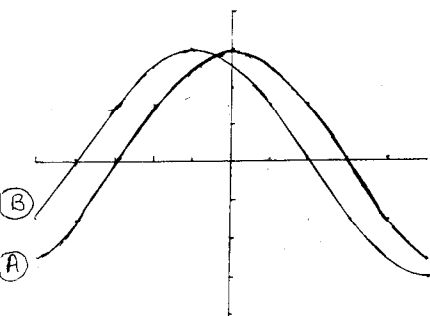
- des savoir-faire :

* exploiter des représentations graphiques ;

On visualise à l'oscillographe : la tension u_{MN} sur la voie A et la tension u_{PN} sur la voie B. Les réglages de l'oscillographe sont :

- voie A : 2 V/division,
- voie B : 1 V/division,
- balayage : 2 ms/division.

L'oscillogramme obtenu est reproduit ci-après :



1) Déterminer les valeurs efficaces respectives U de la tension aux bornes du dipôle MN et I de l'intensité du courant qui le traverse.

2) Déterminer la puissance moyenne consommée dans le dipôle MN.

3) Peut-on connaître la puissance moyenne consommée dans le dipôle MP ?

- Si oui, quelle est-elle ?
- Si non, dire pourquoi.

4) Déterminer la résistance R de la bobine.

2^e version.

On considère le dipôle MN constitué d'un condensateur monté en série avec une bobine (R, L) et un conducteur ohmique de résistance $r = 40 \, \Omega$. Il est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace et de fréquence réglables.

* déterminer $|\varphi|$ à partir du décalage horaire des 2 courbes.

Les questions 3 et 4 testent la capacité II.1.a) principalement sous la forme savoir choisir parmi les connaissances antérieures :

— additivité des puissances moyennes consommées dans les portions de circuit PN et MP ;

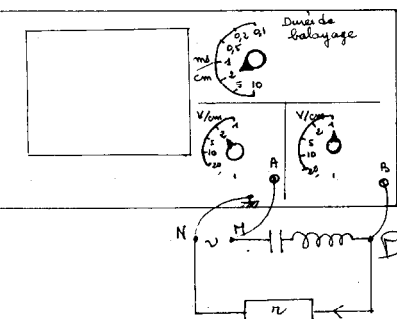
— dans ces portions de circuit, la puissance consommée correspond uniquement à l'effet Joule :

$$\text{dans le dipôle PN} \quad P = rI^2$$

$$\text{dans le dipôle MP} \quad P = RI^2.$$

Cette 2^e version teste les mêmes capacités que la 1^{re} version, mais en plus elle teste des connaissances d'ordre expérimental (capacité III.1 de notre grille). En fait, cette capacité constitue ici un préalable ; si l'élève ne la possède pas, il ne peut résoudre l'exercice même s'il possède les autres capacités. Si on ne veut pas en faire un préalable,

On réalise le montage représenté ci-après :



Le texte de la 1^{re} version est inchangé à partir de :

« L'oscillogramme obtenu est reproduit ci-après... ».

on prend la 1^{re} version et on demande, dans une cinquième question, de représenter les connexions entre l'oscillographe et les différents points du circuit. Mais on peut aussi considérer que cette capacité, rencontrée ici à un niveau modeste, est suffisamment importante pour constituer, en fin de terminale, un préalable.

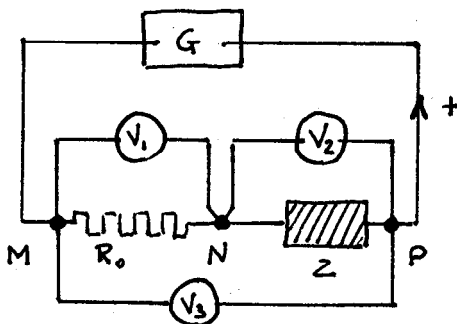
EXERCICE C

Cet exercice, tel qu'il est rédigé, impose l'emploi de la méthode de Fresnel. C'est donc un exercice à proposer pendant l'année, si cette méthode a été utilisée.

Puissance consommée par un dipôle en courant alternatif sinusoïdal.

On veut connaître la puissance consommée par un dipôle NP d'impédance Z inconnue.

On dispose d'une boîte de résistances étalonnées R_0 et de voltmètres de fortes résistances internes. On réalise le montage :



G = générateur.

On lit sur les trois voltmètres les indications suivantes :

$$V_1 = 2,5 \text{ V}; \quad V_2 = 6,1 \text{ V}; \quad V_3 = 8,3 \text{ V}.$$

D'autre part, on a : $R_0 = 50 \, \Omega$. La flèche indique le sens d'orientation du circuit.

On écrira l'intensité instantanée du courant dans le circuit orienté : $i = I\sqrt{2} \cos \omega t$.

1) Construire les vecteurs de Fresnel représentant les tensions $V_1 = U_{MN}$; $V_2 = U_{NP}$; $V_3 = U_{MP}$ dont les valeurs efficaces sont mesurées par les trois voltmètres ($1 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$).

2) Indiquer sur le schéma l'avance de phase (ou le déphasage) φ de la tension par rapport à l'intensité du courant pour le dipôle NP. Déterminer graphiquement les valeurs possibles de φ .

3) En déduire la valeur numérique de la puissance moyenne P consommée par le dipôle NP.

4) En déduire la valeur de la résistance R du dipôle NP.

Capacités testées.

I. CONNAISSANCES.

1. Connaissances scientifiques (capacité I_1) :

$U = ZI$; $U = RI$; $P = UI \cos \varphi = RI^2$ pour un dipôle de résistance R et d'impédance Z ;
additivité des tensions instantanées. Déphasage.

2. Savoir-faire :

- a) d'ordre mathématique : construction géométrique ; compas, rapporteur. Calculs simples ;
- b) d'ordre physique : utilisation de la méthode de Fresnel.

II. APTITUDES A L'UTILISATION DES CONNAISSANCES.

Mise en œuvre des capacités dans une situation voisine d'une situation connue (II.1.a). En effet, ici on demande aux élèves de transposer la méthode de Fresnel, qui a été introduite dans le cours, à une situation voisine, mais appréhendée de façon différente.

On peut remarquer, enfin, que, là encore, le test des connaissances est subordonné à l'acquisition de la capacité II.1.a).

Exercice sur l'appareil à faisceau d'électrons

Cet exercice a pour but essentiel de contrôler la capacité des élèves à exploiter des résultats expérimentaux.

1^{er} énoncé.

Description de l'appareillage (bobines Helmholtz qui donnent un champ $\vec{B}$ uniforme et ampoule en verre avec canon à e^- dont les électrons sortent suivant une direction perpendiculaire à $\vec{B}$) et schéma d'accompagnement.

Par une étude théorique qui s'appuie sur la loi de Lorentz, il a été démontré que les électrons décrivent une trajectoire plane et circulaire d'un mouvement uniforme caractérisé par la relation $mV = qRB$ (1).

* U est la tension accélératrice appliquée au canon à électrons.

* I est l'intensité du courant qui parcourt les bobines d'Helmholtz.

* Dans chaque mesure, on lit à l'aide d'une loupe la valeur du diamètre $2R$ du cercle.

On veut vérifier que les mesures réalisées et rassemblées dans le tableau ci-après sont en accord avec la relation (1).

$U_{(v)}$	120	150	180	210	240	180	180	180	180	180
$I_{(A)}$	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,0	1,5	1,75	2,0	2,25
$2R_{(cm)}$	7,5	8,5	9,2	10,0	10,6	11,4	7,8	6,8	6,0	5,2

1° Si la relation (1) est vraie, que peut-on dire de la dépendance de R vis-à-vis de U , vis-à-vis de I ?

2° Sachant que la droite est la seule courbe que l'on puisse reconnaître rapidement avec précision, exploiter le tableau des mesures en traçant 2 graphiques distincts utilisant des variables judicieusement choisies.

2^e énoncé.

Les 2 premiers paragraphes du premier énoncé sont repris.

* U est la tension accélératrice appliquée au canon à électrons ; en faisant varier U , on fait varier la vitesse V des électrons à la sortie du canon puisque $\frac{1}{2} mV^2 = eU$ (2).

* I est l'intensité du courant qui parcourt les bobines d'Helmholtz ; en faisant varier I , on fait varier B puisque $B = kI$ (3).

* Dans chaque mesure cercle { voir
On veut vérifier que (1) { 1^{er} énoncé

1° A partir des relations (1), (2) et (3), donner l'expression de R en fonction de I et U.

2° Identique au premier énoncé.

Sous la forme du 2° énoncé, l'exercice ne contrôle aucune connaissance.

Sous la forme du 1^{er} énoncé, l'exercice ne contrôle aucune connaissance sur l'action de $\vec{B}$ sur une charge, mais celle de l'action de U sur une charge et celle sur la linéarité de B vis-à-vis de I (I.1.a).

Sous la forme du 1^{er} énoncé, l'élève a besoin de trouver que U est responsable de la variation de V, que I est responsable de la variation de B. Il doit donc aboutir aux deux relations suivantes : R fonction linéaire de $\sqrt{U}$ à I constant, R fonction linéaire de 1/I à U constant. Cette recherche lui demande d'adopter une attitude essentielle de la démarche scientifique : choisir parmi ses connaissances celles qui vont lui permettre de faire le lien entre les résultats à exploiter et la relation à vérifier (II.1.a et 1.b).

Sous la forme du 2° énoncé, l'élève déduira par calcul à partir des relations (1), (2), (3) l'expression de R :

$$\left(R = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{2m}{e}} \frac{\sqrt{U}}{I} \right).$$

en fonction de U et I (I.2.a).

Une autre attitude fondamentale de la démarche scientifique est nécessaire dans les 2 énoncés : savoir trier et exploiter les résultats, savoir en déduire le choix des variables intéressantes, savoir vérifier l'influence d'une de ces variables, les autres restant constantes (II.1.a).

Le tracé des graphiques permet de tester les savoir-faire correspondants (choix de l'échelle, report des points, tracé de la droite) (I.2.b).

PRESENTATION D'UN SUJET DE CHIMIE

Un travail analogue à celui présenté en physique est en cours en chimie ; il sera publié ultérieurement. L'examen des sujets de baccalauréat montre que les exercices de chimie testent essentiellement les capacités I (connaissances et savoir-faire). Nous avons choisi de présenter ici un sujet qui permette de tester la capacité II.1.b). Cet exercice confronte les élèves à une situation non classique devant laquelle une réflexion et un réinvestissement des connaissances sont nécessaires : il attire l'attention des élèves sur le fait que le pH d'une solution à la demi-équivalence n'est égal au pK_A du couple acide-base que si cer-

taines conditions sont remplies. Il ne saurait, à l'évidence, constituer un exercice de baccalauréat, mais plutôt un travail de recherche à la maison. L'énoncé encadré est suivi du commentaire, question après question.

On considère une solution d'acide faible AH (volume $V_A = 100 \text{ cm}^3$, concentration $c_A = 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$, pK_A connu) dans laquelle on verse progressivement une solution d'hydroxyde de sodium (volume V_B , concentration $c_B = 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$). On mesure le volume V_B noté v pour lequel $\text{pH} = \text{pK}_A$, ainsi que le volume V_B à l'équivalence noté V_E .

On étudie les comportements de plusieurs acides ; certaines mesures ont donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

Acide	pK_A	$v \text{ (cm}^3\text{)}$	$V_E \text{ (cm}^3\text{)}$
méthanoïque	3,8	4,8	
éthanoïque	4,8	5,0	
monochloroéthanoïque	2,9	3,7	
dichloroéthanoïque	1,3		

1. Etude des solutions initiales d'acide.

Parmi les encadrements suivants, donner le plus étroit qui soit valable pour le pH de toutes les solutions initiales étudiées : de 0 à 7 ; de 1,3 à 7 ; de 2 à 7.

Justifier votre choix.

Cette question teste les capacités :

I. 1. Connaissances :

- pH d'un acide fort ;
- $[\text{H}_3\text{O}^+] < c_A$ pour un acide faible.

II. 1. a) « Savoir choisir parmi les connaissances antérieures et exploiter les renseignements fournis par un texte ».

2. Etude des valeurs v correspondant à la situation $\text{pH} = \text{pK}_A$.

a) Quelle est dans ce cas la relation entre $[\text{AH}]$ et $[\text{A}^-]$? Etablir alors la relation (notée 1) donnant v en fonction de C_A , V_A , V_B et K_A .

b) Pour les trois premiers acides du tableau, montrer que la relation (1) est en accord avec les résultats expérimentaux.

c) Pour le dernier acide, aucune valeur de v n'est portée dans le tableau, la mesure ne pouvant être effectuée.

α) Expliquer, à l'aide des résultats précédents, pourquoi la mesure ne peut être effectuée.

β) Expliquer clairement la situation chimique.

d) Que se passerait-il si les solutions acides initiales étaient plus concentrées ? Envisager les cas : $c_A = 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$ et $c_A = 2 \cdot 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$. En quoi la situation chimique serait-elle modifiée ?

Les capacités testées sont I_1 et I_2 en 2 a) et 2 b). Il s'agit d'un calcul classique utilisant les propriétés des solutions et la connaissance de K_A . La première question de 2 a) fournit le point de départ et évite à l'élève d'utiliser sans réflexion un résultat basé sur une approximation incorrecte pour trois des solutions :

puisque $\text{pH} = \text{pK}_A$, alors $v = \frac{v_E}{2}$.

La question 2 c) teste le II.1. b) car elle nécessite :

- une bonne compréhension de la notion d'acide faible et des domaines de prédominance des espèces ;
- d'analyser une situation inhabituelle ;
- de faire preuve de réflexion et de cohérence (en comparant, par exemple, les données du texte avec le résultat de la question (1)).

La référence à la « situation chimique » cherche à éviter la seule discussion mathématique à partir de la relation (1).

3. Etude de l'équivalence.

a) Pour chacun des acides, déterminer v_E et compléter le tableau.

b) La comparaison entre v et v_E fait apparaître un résultat simple dans le cas d'un seul des acides. Montrer que l'on pourrait prévoir ce résultat à partir de la relation (1).

c) A quelles conditions la proposition : « $v = \frac{v_E}{2}$ lorsque $\text{pH} = \text{pK}_A$ » est-elle acceptable ?

Le 3 a) teste la capacité I_1 (connaissance de la définition de l'équivalence), mais aussi la capacité de l'élève à apporter une réponse cohérente avec les précédentes (attente qui peut être cruellement déçue : par une réponse du type $v_E = 2v$ après une étude à peu près correcte).

Les interprétations demandées en 3 b) et 3 c) relèvent de la capacité II.1. b) car elles testent l'esprit de synthèse de l'élève, ce qui est d'une ambition plus grande.