

Groupe «Lycée - Post-baccalauréat» : *bilan d'une année d'activité*

par Madeleine SONNEVILLE et Josette MAUREL

RÉSUMÉ

Réflexion sur l'articulation des enseignements supérieurs avec ceux du lycée. Évaluation des compétences acquises à l'entrée dans les enseignements supérieurs. Test de connaissances sur le programme de tronc commun de la classe de terminale S.

La réflexion sur l'articulation des enseignements supérieurs à ceux du lycée est née au sein de l'Union des Physiciens de la convergence des préoccupations concernant le lycée, les modes d'évaluation, le baccalauréat et le devenir des élèves dans les diverses voies d'enseignement supérieur. Il apparaît depuis quelques années qu'un certain nombre d'étudiants rencontrent dans les études supérieures scientifiques des difficultés parfois importantes, les plus touchés semblant être ceux de l'université. Les relations régulières que l'UdP entretient avec la division enseignement de la Société Française de Physique permettent de constater que notre souci rejoint celui de cette association qui s'intéresse aux premiers cycles universitaires (DEUG).

Un certain nombre de sections académiques ont d'ores et déjà associé à leur réflexion le thème de la liaison entre les enseignements supérieurs et ceux du lycée⁽¹⁾. Toutes les actions entreprises ont révélé la nécessité de contacts étroits entre les professeurs de lycée et ceux des sections post-baccalauréat (IUT, BTS, DEUG, CPGE) afin que les uns et les autres soient bien informés des évolutions pédagogiques en cours, tant au lycée qu'au-delà du baccalauréat. Face aux difficultés recensées à l'occasion de toutes ces rencontres, il nous est apparu qu'il était urgent d'entreprendre au sein de l'association une réflexion sur l'évolution des connaissances et savoir-faire des élèves et la modification des pratiques pédagogiques, toutes évolutions dont la méconnaissance au-delà du baccalauréat pouvait expliquer certaines des difficultés repérées par les professeurs post-baccalauréat et une grande partie du malaise ressenti par les élèves qui abordent l'enseignement supérieur.

HISTORIQUE

Nous constituons donc au début de l'année 1997, un groupe de travail *Lycée - Post-baccalauréat* composé de professeurs de lycée, de membres du bureau national de l'Union des Physiciens, de professeurs enseignant en DEUG, en section de Technicien Supérieur Physicien, en IUT de Génie Électrique et Mesures Physiques et en classes préparatoires aux grandes écoles. Le groupe compte aussi le représentant d'un collectif de professeurs d'IUT, un représentant de la division Enseignement de la Société Française de Physique et le Président de l'Union des professeurs de spéciales (UPS). L'Union des professeurs des classes préparatoires aux écoles agronomiques (UPA) et la division Enseignement de la Société Française de Chimie sont tenues au courant de nos activités. L'association Promosciences dont le but est de promouvoir les enseignements scientifiques en DEUG et en licence s'intéresse à nos travaux.

Une première réunion de prise de contact est organisée le 22 janvier 1997. Elle permet de faire un inventaire des difficultés rencontrées par les uns et les autres et de constater qu'elles dépassent largement le cadre de notre discipline :

- compétences méthodologiques imparfaitement acquises (autonomie, gestion du travail, prise de notes...),
- difficultés liées à la langue française : compréhension (richesse et précision du vocabulaire), expression orale, rédaction (maîtrise d'une syntaxe correcte)...
- maniement approximatif des arguments logiques (car, donc, en outre, par conséquent...),
- confusion entre le sentiment (cela doit être vrai...) et la démonstration, ou encore entre l'explication (mise en œuvre d'arguments qualitatifs) et la démonstration (formalisation du discours),
- maîtrise imparfaite des techniques de calcul (calcul numérique, fractions rationnelles, nombres complexes...),
- incompréhension profonde du processus d'algébrisation d'une quantité (confusion entre un sens positif et un sens physique),
- confusion entre les quantités scalaires et les grandeurs vectorielles.

Face à l'ampleur et à la diversité des questions abordées, le groupe décide alors de centrer sa réflexion sur les points qui relèvent plus spécialement de notre discipline : quelles sont les compétences actuellement acquises en physique et en chimie à l'issue d'une classe terminale ? Sur quoi les professeurs de physique et de chimie des enseignements supérieurs peuvent-ils raisonnablement penser pouvoir s'appuyer ? Compte tenu de leur demande (variable selon les filières post-baccalauréat), comment les professeurs de physique-chimie du lycée peuvent-ils préparer au mieux les élèves de terminale à aller au-delà de l'examen ? Enfin, comment faire en sorte que ne se reproduise

pas à l'avenir une situation aussi absurde que celle qui consiste à élaborer des programmes d'IUT sans même prendre connaissance des nouveaux programmes du lycée ?

Il se trouve que les enseignements supérieurs représentés dans le groupe accueillent des élèves titulaires aussi bien d'un baccalauréat général que d'un baccalauréat technologique. En revanche, tous les professeurs de lycée présents enseignent en Terminale S. Curieusement, la réflexion qui s'instaure évoquera toujours, plus ou moins implicitement, les bacheliers S et la référence aux nouveaux programmes concernera toujours la section S. Il n'est pas anodin de le remarquer. A défaut d'avoir pu conduire une réflexion globale incluant les bacheliers technologiques, il conviendrait de se poser désormais les mêmes questions à leur sujet, voire même de se demander si les enseignements supérieurs qui accueillent les deux types d'étudiants dans les mêmes sections (DEUG, IUT, BTS) discernent bien le double public face auquel ils se trouvent.

Le groupe se réunit une seconde fois le 19 mars 1997 et décide d'essayer d'apporter une réponse aussi objective que possible aux questions précédentes. On élaborera un instrument de mesure sous la forme d'un test de connaissances. Bien qu'une grande partie des difficultés repérées relève de compétences mathématiques imparfaitement maîtrisées, le test ne concernera que la physique et la chimie : il devra refléter l'évolution récente des programmes de terminale S, porter sur des points-clés du programme de tronc commun, à l'exclusion du programme de l'enseignement de spécialité, être aussi conforme que possible aux compétences définies dans le BO n° 33 du 19 septembre 1996 et se présenter sous une forme facile à dépouiller (questionnaire à choix multiples ou QCM). Les universitaires présents sont d'autant plus favorables à cette action qu'ils pratiquent déjà des tests de connaissance à l'entrée à l'université ou en IUT et qu'ils souhaitent les actualiser dès la rentrée 1997 pour prendre en compte la réflexion du groupe ⁽²⁾. Le peu de temps disponible nous contraint à travailler à partir de matériaux préexistants. Grâce à la participation des membres du groupe, une quantité considérable de documents se présentant sous la forme de QCM se trouve disponible : épreuves de concours d'entrée aux écoles d'ingénieurs recrutant des bacheliers, tests et interrogations écrites donnés en terminale S, tests d'entrée à l'université, tests d'accueil en IUT et quelques exercices écrits spécialement par des professeurs du groupe. Tous ces documents sont soumis pour avis critique à l'ensemble du groupe et un tri est effectué parmi eux en fonction des objectifs et critères ci-dessus. Il en résulte le questionnaire figurant en annexe.

Ce questionnaire est soumis à des élèves de terminale S de diverses académies de la métropole dans les premiers jours de juin 1997 puis à des élèves abordant l'enseignement supérieur en septembre. La répartition des étudiants touchés est la suivante :

Terminale S⁽³⁾	IUT⁽⁴⁾	DEUG⁽⁵⁾	CPGE⁽⁶⁾
537	249	1000	2498

La proportion très élevée d'élèves de classes préparatoires atteints par ce test est liée à une action volontariste de l'Union des Professeurs de Spéciales sur ce sujet, ce dont nous la remercions : le questionnaire est en effet diffusé à tous les correspondants d'établissement de l'UPS avec la circulaire n° 9 du 2 juin 1997. L'écho favorable qu'il a eu dans les lycées témoigne sans doute du fait que la réflexion lancée par l'UdP coïncide avec un certain nombre des préoccupations des professeurs de physique-chimie des classes préparatoires.

Tous les professeurs ont dépouillé eux-mêmes les résultats relatifs à leurs étudiants. Ils ont été unanimes à nous dire la quantité de travail que leur a donné le recensement des réponses de leurs élèves : ils ont effectué à cette occasion un travail considérable dont nous les remercions chaleureusement. Nous avons ensuite collationné les synthèses individuelles, que nous avons analysées. Un premier bilan de cette opération a été effectué lors de l'atelier «*De bac – 3 à bac + 2 : des années qui comptent*» aux Journées Nationales de l'UdP à Metz en octobre 1997.

COMPARAISON DES RÉSULTATS DES DIFFÉRENTES POPULATIONS ÉTUDIÉES

L'annexe 2 donne un tableau comparatif des résultats essentiels : seuls y figurent les pourcentages de bonnes réponses. La comparaison des performances des diverses catégories sondées montre que les problèmes sont communs à toutes les populations d'élèves post-baccalauréat et que la réflexion sur toutes ces questions doit donc être globale.

Les résultats concernant les questions de chimie ne sont significatifs que pour les classes terminales car, dans de nombreux cas, les filières post-baccalauréat n'ont malheureusement pas soumis les questions de chimie à leurs étudiants, alors même que nous leur avons expressément demandé de le faire. La complexité de la situation résultante ne nous a pas permis de faire une analyse des résultats qui aurait pris en compte toutes les particularités locales et certaines performances très médiocres en chimie s'expliquent simplement par le fait que des étudiants non sondés ont été considérés comme ayant répondu «faux».

En ce qui concerne les classes préparatoires MPSI et PCSI, le test révèle une nette homogénéité de ces deux populations, les écarts, en pourcentages, ne dépassant jamais 5 %, et le plus souvent à la faveur des PCSI.

ANALYSE DÉTAILLÉE DES EXERCICES

Les professeurs n'ont pas manqué de nous faire des remarques sur la longueur du test et sur le caractère redondant de certaines questions : c'était volontaire et l'analyse des réponses est édifiante sur ce point. D'autres nous ont signalé des questions à formulation contestable (diastéréosiomères, induction électromagnétique) : elles n'ont pas été incluses dans le dépouillement définitif. D'autres enfin ont regretté l'absence de l'optique du tronc commun : outre le fait que nous ne disposions d'aucun QCM utilisable sur ce sujet, il nous a semblé que cette partie du programme, encore mal stabilisée en raison de la lourdeur du programme de terminale S, n'aurait pas conduit à des conclusions significatives.

La forme QCM à laquelle les élèves sont peu préparés en a peut-être dérouté certains, d'autant que figuraient aussi bien des questions à réponse immédiate (unités, conversions) et d'autres exigeant la mise en œuvre d'un raisonnement qui n'était pas précisé par l'énoncé (voir par exemple l'exercice 12, unanimement plébiscité par les professeurs, très mal réussi par les étudiants).

Exercice 1 : Unités

Plus de 90 % de réponses correctes donc pas de problème.

Exercice 2 : Conversions, multiples et sous-multiples

Taux de réussite honorable.

Exercice 3 : Géométrie, aire d'un parallélépipède

95 % d'étudiants environ donnent une définition géométrique correcte d'un cosinus.

Les réponses relatives à l'aire d'un parallélépipède (non classique, pas vu en math, certes, mais relevant du bon sens...) sont inquiétantes : défaut d'homogénéité, manque de bon sens. Les réponses qui ont été considérées comme correctes (aire «autre» que toutes les formules proposées) n'étaient pas forcément exactes puisqu'on ne demandait pas de préciser quelle était la formule «autre»...

Exercice 4 : Caractères du mouvement circulaire uniforme

A - 46 à 69 % des étudiants testés affirment que l'accélération est nulle : s'agit-il d'une confusion entre la dérivée d'un scalaire et la dérivée vectorielle ou au contraire d'une ambiguïté de vocabulaire ? Certains professeurs désignent le «vecteur accélération» du simple nom d'«accélération» tandis que d'autres ne parlent d'«accélération» que si la mesure du vecteur vitesse change...

B - 43 à 66 % de vecteur vitesse constant : là, sans aucun doute, il s'agit bien d'une confusion entre vecteur et scalaire.

C et D - 76 à 85 % affirment que le vecteur accélération est centripète : ce résultat est donc bien connu, de même que celui qui concerne la nullité de l'accélération tangentielle.

E - 49 à 71 % seulement affirment que, «pour des valeurs identiques de la norme v de la vitesse, la norme du vecteur accélération augmente quand le rayon de la trajectoire diminue» : on constate donc ici une déconnexion entre la formule $a = v^2/R$ vraisemblablement connue (vue la réponse aux questions C et D) et la phrase énoncée dans l'exercice. Les compétences en cause relèvent de la langue française.

Exercice 5 : Dépendance des grandeurs mécaniques et cinématiques vis-à-vis du référentiel

- 55 % seulement des élèves de terminale pensent que la masse est indépendante du référentiel,
- 14 % d'entre eux pensent que l'énergie cinétique n'en dépend pas : c'est peu, mais c'est grave.

Exercice 6 : Caractères des mouvements usuels

Le pourcentage d'élèves interrogés qui pensent que l'existence d'une accélération et d'une vitesse de norme constantes caractérise un mouvement circulaire uniforme est bien faible. Il s'agit là d'une question qu'on peut juger fondamentale mais qui semble en définitive très loin d'être acquise à l'issue de la classe terminale.

Exercice 7 : Chute libre dans un référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à la Terre

66 à 74 % seulement des élèves pensent que la chute de la balle lancée à la verticale dans un train la fait retomber dans la main de celui qui l'a lancée. C'est trop peu : les élèves sont-ils déconcertés par une formulation très concrète d'un problème physique dont la solution formelle est pourtant simple ?

Exercice 8 : Chute libre de deux billes de masses différentes sans vitesse initiale

55 % (terminale) à 72 % (CPGE) seulement pensent que les deux billes atteignent le sol simultanément. La forme de l'exercice est qualitative ; l'environnement habituel d'un exercice de physique n'est pas là et tous les «raisonnements spontanés» répertoriés par les didacticiens refont surface à la première occasion. On peut aussi se demander si l'aptitude à répondre à un exercice de ce genre est un objectif du programme.

Exercice 9 : Calcul d'un travail dans le champ de pesanteur

Trop peu de réponses correctes sur une question qui peut sembler simple ou fondamentale : mais la notion de travail n'apparaît plus que tardivement dans le cursus du lycée et elle est beaucoup moins manipulée que par le passé.

Exercice 10 : Mouvement dans un champ magnétique

Bons résultats au sujet de la direction de la force (75 % de réponses correctes) et de la planéité de la trajectoire (mais c'est peut-être parce que les élèves n'imaginent pas que la trajectoire pourrait ne pas être plane...). En revanche, 60 % pensent que l'énergie cinétique varie au fil du mouvement : c'est beaucoup plus ennuyeux.

Exercice 11 : Satellite circulaire

Vitesse de norme constante pour 90 % au moins mais... accélération nulle pour 50 %... au moins...

Période proportionnelle au rayon pour 80 % : où est donc passée la troisième loi de Kepler ? Elle constitue pourtant un objectif important du programme. Ce qui semble surtout apparaître ici, c'est la déconnexion entre :

- des formules vraisemblablement connues de type purement cinématique $T = 2\pi R/v$ valables pour tous les mouvements circulaires uniformes, et donc non seulement pour le mouvement du satellite mais aussi par exemple pour celui d'une particule chargée dans un champ magnétique,
- et les caractères dynamiques propres au mouvement dans le champ newtonien de gravitation, par opposition au mouvement dans le champ magnétique où justement T serait indépendante du rayon (mais dépendrait au contraire de la masse : pulsation cyclotron).

On n'ose pas espérer que des élèves de terminales fassent cette distinction (et peut-être n'est-ce même pas souhaitable), mais les difficultés relevées ici doivent nous faire réfléchir sur notre façon d'introduire ces notions.

Exercice 12 : Oscillateur mécanique, exercice difficile car la démarche n'était pas suggérée

- 56 % pensent que l'énergie cinétique maximale dépend de la masse : il s'agit d'une confusion entre la définition de l'énergie cinétique (qui fait intervenir la masse) et sa valeur (fixée par l'énergie potentielle initiale, donc indépendante de la masse),
- seuls 20 à 26 % pensent que la vitesse maximale dépendra de la masse.

Si on avait décomposé la démarche, les réponses auraient été meilleures... Ceci suggère donc une interrogation importante : à force de décomposer dans les exercices,

les démarches en une multitude de sous-questions élémentaires dans lesquelles on prend les élèves par la main, ne finit-on pas par les abuser (nous abuser ?) sur ce qu'ils savent réellement faire et sur leur autonomie de pensée ?

Exercice 13 : Charge d'un condensateur à intensité constante

Rien à signaler, sinon des performances particulièrement médiocres pour les IUT et l'Université.

Exercice 14 : Charge d'un condensateur à travers une résistance

- Performances très médiocres sur l'intensité, la tension, l'énergie.
- Évaluation spontanée de la durée de la charge, R et C étant données : 56 % seulement de réponses correctes en terminale, alors que l'existence de la durée caractéristique RC et son interprétation comme mesure de la durée de la charge peuvent être considérées comme fondamentales... Chute de performance impressionnante pour l'entrée en université et dans les IUT, mais même les élèves qui entrent en CPGE ont oublié... pendant les vacances.

Exercice 15 : Bobine (R, L) en courant continu

Les réponses à cet exercice sont très décevantes, comme d'ailleurs à tous les exercices d'électricité : seuls 36 % des élèves de terminale S donnent une tension conforme à $U = RI$ en courant continu. Les lois de base de l'électrocinétique ne sont sans doute plus suffisamment manipulées.

Exercice 16 : Charge d'un condensateur à travers une résistance

a) et b) : En fait, c'est deux fois la même question. Or on recense (hors CPGE) 30 % à 40 % de réponses incorrectes à a) et 40 % à 50 % de réponses incorrectes à b), ce qui prouve tout d'abord que plus de 10 % des élèves ne sont pas autocohérents dans leurs réponses ou encore que 10 % des élèves répondent au hasard... surtout quand le test est un peu long. Les élèves entrant en CPGE semblent globalement plus autocohérents.

On estime ici à 30 ou 40 % le nombre des élèves qui n'ont pas compris que « RC est une durée caractéristique de l'évolution du système» ou encore que «plus cette durée caractéristique est grande, plus la charge varie lentement en fonction du temps». Il s'agit évidemment du même phénomène que celui qui est relevé à l'exercice 14, mais en moins grave car la question est ici plus directive qu'à l'exercice 14 où on demandait une évaluation «spontanée» qui a dû en dérouter plus d'un.

c) 12 % au moins des élèves répondent que la variation de la charge en fonction du temps est indépendante du produit RC ...

Exercices 17 et 18 : Notions essentielles sur l'impédance

Bien que le programme de terminale S ne comporte aucune étude systématique sur l'impédance et sa variation qualitative avec la fréquence, il nous avait paru pertinent, eu égard aux enseignements post-baccalauréat, de faire réfléchir les étudiants sur ce sujet. Ils ont à leur disposition l'étude de la variation de l'intensité électrique dans le dipôle R-L-C série quand on fait varier la fréquence ou les paramètres L ou C, la mise en évidence de la résonance, la définition de Z comme quotient des valeurs efficaces de U et I, et le constat que $Z = R$ à la résonance. Nous avions pensé que les propriétés observées pour I seraient immédiatement traduites pour Z (par exemple que l'existence d'un maximum de I serait immédiatement traduite en termes d'un minimum de l'impédance). Les réponses prouvent qu'il n'en est rien. Autrement dit et sévèrement dit «Z n'est rien...».

Exercice 17 :

- a) 26 % des élèves de terminale pensent que Z ne dépend que de L et C.
- b) 42 % des mêmes élèves de terminale pensent que Z ne dépend pas de la fréquence.
- c) Seuls 28 % ont compris que Z est toujours supérieure à R.

Exercice 18 :

a) et b) 33 % des élèves de terminale pensent que Z est minimale pour une fréquence supérieure à la fréquence propre ; 54 % seulement pensent qu'elle est minimale pour une fréquence égale à la fréquence propre. On peut penser que la différence $((100 - 33) - 54 = 13 \%)$ imaginait que Z est minimale pour une fréquence inférieure à la fréquence propre. Quoiqu'il en soit, seuls 54 % des élèves ont retenu que Z est minimale pour une fréquence égale à la fréquence propre.

- c) 25 à 60 % affirment que Z est minimale si $L = 0$.

Exercice 19 : Induction électromagnétique

- a) Seuls 50 % environ affirment qu'il apparaît toujours une f.é.m. induite.
- b) 68 % et 85 % (université) affirment qu'il existe toujours un courant induit.
- c) Question annulée car sa formulation était contestable.

Exercice 20 : Sens d'un courant induit

Avec seulement 53 % de bonnes réponses en terminale, on peut penser que la réponse a été donnée au hasard.

Comme indiqué plus haut, les seuls pourcentages significatifs sont, à partir d'ici, ceux de terminale.

Exercice 21 :

Détail de la liste des pourcentages de réponses correctes en terminale S :

	Molécule 1	Molécule 2	Molécule 3
Conformations	41	38	45
Carbone asymétrique	88	88	72
Énantiomères	83	86	55
Alcool	97	95	80
Acide	92	70	64
Configurations	76	40	45
Stéréoisomères	80	39	42

- La notion de conformation n'est pas assimilée.
- Le carbone asymétrique est assez bien identifié, l'élève sait que les énantiomères ne peuvent pas exister en l'absence d'un carbone asymétrique mais ils ne sont pas automatiquement associés à l'existence du C*.
- La fonction alcool est identifiée, la fonction acide un peu moins bien, surtout quand une autre fonction (alcool) est déjà présente dans la molécule.
- Les mots «configuration» et «stéréoisomères» sont assez bien associés (mêmes pourcentages de réponses correctes), sans que leur sens soit suffisamment assimilé (pourcentages trop faibles).

Exercice 22 : Précipitation de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ et stœchiométrie

- L'existence d'une précipitation n'est pas reliée à une faible solubilité.
- 22 % d'élèves affirment à tort que le mélange est stœchiométrique.
- Seuls 69 % d'élèves considèrent que tous les ions HO^- réagissent.
- 46 % affirment à tort qu'il se forme 0,03 mol d'hydroxyde de cuivre.
- 59 % affirment à tort que tous les ions cuivre(II) disparaissent.

La stœchiométrie n'est donc pas du tout maîtrisée et pourtant l'équation-bilan de la précipitation était donnée...

Exercice 23 : Oxydoréduction entre l'ion permanganate et l'ion fer(II)

- 34 % affirment qu'à l'équivalence $c_1v_1 = c_2v_2$: ils ne réfléchissent pas.
- 14 % écrivent $5 c_1v_1 = c_2v_2$: ils réfléchissent... mais de travers...
- 52 % écrivent quand même la bonne relation $c_1v_1 = 5 c_2v_2$.

Au-delà de l'équivalence :

- 7 % pensent qu'il n'y a pas d'ions fer(III),
- 65 % sont convaincus du fait que la solution ne contient plus d'ions fer(II),
- 49 % pensent qu'elle contient encore des ions permanganate,
- 45 % pensent que la réaction continue à se produire.

Exercice 24 : Estérification

- 91 % ont compris ce qu'est l'équilibre chimique.
- 15 % se trompent sur la définition du rendement,
- 38 % pensent qu'à l'équilibre «la réaction ne se poursuit plus». Mais il y avait une ambiguïté dans le vocabulaire employé : on peut raisonner d'un point de vue macroscopique (à l'équilibre, les quantités de matière sont invariables, donc il ne se passe plus rien) ou d'un point de vue microscopique (l'équilibre est un équilibre dynamique et il y a bien des évolutions microscopiques en sens inverse et de même vitesse). Dans ces conditions, il est prudent de ne tirer aucune conclusion de ces chiffres.
- 16 % pensent qu'un catalyseur modifierait la quantité d'ester obtenue à l'équilibre.
- 66 % ont compris (? ... appris ?) l'intérêt d'une distillation.
- 24 % se trompent sur le sens du déplacement d'équilibre.

Exercice 25 : Couples acido-basiques et oxydo-réducteurs

- 25 % d'erreurs sur la définition de l'acide.
- 35 % de réponses fausses sur la définition de l'oxydant.
- 33 % d'erreurs sur la définition de réducteur (cohérent).
- 7 % d'erreur sur l'identification du couple H_2O/HO^- en tant que couple acido-basique.
- 21 % affirment à tort que H_2O/H_2 est un couple acido-basique.
- 60 % sont incapables d'identifier HO^-/H_2 comme un couple redox (peut-être n'est-ce pas vraiment une compétence exigible ?)

Exercice 26 : Ox 2 + Red 1 → ...

- Les réponses sont bonnes dans l'ensemble : seuls quelques très rares élèves font réagir un oxydant sur un oxydant ou un réducteur sur un réducteur.
- Vingt-deux élèves de terminale pensent quand même que les deux sens :



sont simultanément possibles pour la «réaction naturelle». Le concept de réaction totale associée à une réaction inverse impossible n'est pas totalement acquis.

Exercice 27 :

- (A) 66 % de réponses correctes.
- (B) 28 %.
- (C) 64 %.
- (D) 66 %.
- (E) 24 %.

Exercice 28 : Analyse dimensionnelle

60 % de réponses correctes.

ET MAINTENANT ?

Lors des premières réunions du groupe, nous avons décidé de faire connaître les résultats de notre travail aux personnes directement concernées, enseignants du post-baccalauréat et responsables administratifs. Un compte-rendu leur sera donc adressé. Nous espérons ainsi qu'il aidera les enseignants à mieux cerner, dans le domaine des connaissances, les acquis *réels* des élèves sur lesquels ils peuvent compter et les questions plus difficilement assimilées.

Si notre travail a porté essentiellement sur des points disciplinaires, les premières difficultés repérées au sein du groupe de travail dépassaient le cadre de la physique-chimie et rejoignent un certain nombre des préoccupations souvent évoquées actuellement. La transition entre la classe terminale et les études supérieures doit être mieux harmonisée. La réflexion doit continuer sur ce sujet :

- Il faut aider les élèves à acquérir les éléments de méthodologie qui leur manquent, mais l'entraînement à un apprentissage régulier du cours, à l'expression écrite et orale, au maniement des arguments logiques, à une bonne gestion du travail demande du temps. *Les contenus disciplinaires doivent prendre en compte ce temps de travail particulier supplémentaire, ce qui n'est pas le cas actuellement.*

• *L'harmonisation entre les enseignements au lycée et les enseignements universitaires semble indispensable*, lourde tâche étant données les structures autonomes des universités. S'il est vrai que la préparation des futurs étudiants doit tenir compte des exigences des années suivantes, il est non moins vrai que les profils des élèves quittant le lycée, leurs qualités nouvelles et pas seulement leurs défauts, devraient être mieux connus des professeurs de l'enseignement supérieur.

• Une part non négligeable des difficultés enregistrées à bac + 1 relève de choix d'orientation souvent trop peu mûris par les étudiants. Actuellement, le travail des élèves et des professeurs en terminale est centré sur un baccalauréat devenu de plus en plus lourd au fil des ans, qui laisse peu de temps aux élèves pour réfléchir véritablement à leur orientation. Faudrait-il envisager une dernière année au lycée consacrée, dans le cadre d'un nombre plus limité de disciplines, à une meilleure préparation à l'entrée dans les enseignements supérieurs ? Cette éventualité induit alors une réorganisation du baccalauréat, éventuellement sur deux années, l'accès à telle ou telle filière post-baccalauréat de type sélectif restant lié, comme aujourd'hui, aux avis circonstanciés des professeurs⁽⁷⁾ sur l'aptitude à entreprendre tel ou tel type d'études supérieures.

NOTES

(1) Voir à ce sujet :

- le travail effectué par la section d'Aix-Marseille, BUP n° 796, juillet-août-septembre 1997, page 1487,
- les débats organisés lors des assemblées générales des sections académiques de Paris-Créteil-Versailles en juin 1996 et juin 1997,
- la présence de responsables «Enseignement supérieur» dans la composition d'un certain nombre de bureaux académiques de l'UdP,
- une enquête effectuée par les bureaux académiques d'Ile-de-France en 1994-1995 auprès de 1768 élèves de terminale S de Paris-Créteil-Versailles au sujet de leur projet d'études supérieures,
- la table ronde organisée le mardi 29 octobre 1996 lors des Journées Nationales de l'UdP à Nice sur le thème : «Pré et Post-baccalauréat : discutons, étudiants et programmes...».

(2) Voir par exemple :

- *Un test-diagnostic en physique à l'entrée en DEUG scientifiques*, Gérard REBMANN, LDPES Université Denis Diderot, Actes des 7^{es} Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques - Bordeaux 1996.

– *La physique à l'entrée de l'Université*, Pierre FONTES et Gérard TORCHET, Université de Paris-Sud-Orsay, BUP n° 679, page 355.

Des tests non publiés, proposés à l'entrée à l'Université de Marne-la-Vallée et à l'entrée dans les IUT de Mesures Physiques, ont également été étudiés dans le groupe.

En effectuant nous-mêmes l'un de ces tests en présence de son auteur, nous pouvons constater que certaines questions, élaborées voici quelques années, sont parfois devenues obsolètes en raison de l'évolution récente des programmes du lycée et qu'il n'est donc pas étonnant que les étudiants ne les réussissent pas.

Nous avons également été frappées par un caractère commun à tous ces tests : les questions d'unités, le calcul algébrique et vectoriel, la mécanique y tiennent une place prépondérante sinon exclusive. Il semble que les tests aient alors pour vocation essentielle de convaincre le futur étudiant d'université de se mettre de toute urgence au travail de manière efficace en repérant ses difficultés et en faisant porter son effort sur ce qui va servir dans l'immédiat.

- (3) Académies de Grenoble, Lille, Montpellier, Paris, Créteil, Versailles.
- (4) IUT Mesures Physiques ou Génie Électrique de Saint-Denis, Évry, Châtellerauld, Saint-Étienne et Saint-Nazaire.
- (5) DEUG MIAS (Mathématiques et Informatique Appliquées aux Sciences) ou SM (Sciences de la Matière) des Universités de Marne-la-Vallée, Paris-Sud-Orsay et Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- (6) Soixante-huit classes distribuées sur tout le territoire métropolitain. Les petites structures sont représentées à parité avec les grands pôles. Bien que le test ait été destiné prioritairement aux élèves de première année, un certain nombre de professeurs de seconde année ont jugé pertinent de le proposer à leurs étudiants. Toutes les filières sont représentées, selon la répartition suivante :
 - trois BCPST,
 - vingt-cinq MPSI, vingt-cinq PCSI, quatre PTSI, une TSI,
 - trois MP*, trois MP, deux PC*, deux PC.
- (7) Pour pouvoir donner efficacement un avis sur ces poursuites d'études, il faudrait sans doute que les professeurs de lycée soient mieux informés des programmes et exigences des diverses filières d'enseignement supérieur.

Annexe 1

Le test

1. UNITÉS

Pour chacune des grandeurs suivantes, cochez la ou les unité(s) légale(s).

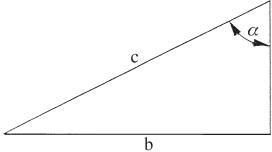
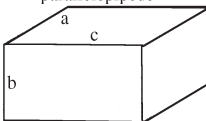
• Force :	☐ Pa	☐ N.m	☐ N.m ⁻¹	☐ N
• Période :	☐ Hz.s ⁻¹	☐ Hz	☐ s	☐ s ⁻¹
• Énergie cinétique :	☐ J.m ⁻¹	☐ kg.m ⁻¹	☐ J ²	☐ J
• Puissance :	☐ W.s ⁻¹	☐ W	☐ W.s	☐ V.A.h

2. CONVERSIONS, MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES

Pour chacune des grandeurs suivantes, cochez la ou les conversion(s) correcte(s).

• 1 degré =	☐ 10 rad	☐ 2π rad	☐ $\frac{180}{\pi}$ rad	☐ $\frac{\pi}{180}$ rad
• micro désigne le multiple =	☐ 10 ⁻¹²	☐ 10 ⁻⁹	☐ 10 ⁻⁶	☐ 10 ⁴
• 1 m.s ⁻¹ =	☐ 0,01 km.h ⁻¹	☐ 9,81 km.h ⁻¹	☐ 3,6 km.h ⁻¹	☐ 1 km.h ⁻¹

3. GÉOMÉTRIE

	☐ b/c	☐ a/c	☐ a/b	☐ b/a
• surface totale d'un parallélépipède : parallélépipède  ☐ a.b.c ☐ a + b + c ☐ 2 (a + b + c) ☐ autre				

4. Pour un mouvement circulaire et uniforme (cochez la bonne réponse) :

A - L'accélération est nulle	☐ Vrai	☐ Faux
B - Le vecteur vitesse reste constant	☐ Vrai	☐ Faux
C - Le vecteur accélération est centripète	☐ Vrai	☐ Faux
D - Le vecteur accélération est tangentiel	☐ Vrai	☐ Faux
E - Pour des valeurs identiques de la norme v de la vitesse, la norme du vecteur accélération augmente quand le rayon de la trajectoire diminue	☐ Vrai	☐ Faux

5. Cochez la (ou les) réponse(s) choisie(s).

Dans un référentiel d'origine O , un mobile M est en mouvement sous l'action d'une force. Parmi les grandeurs ci-dessous, relatives au mobile, quelle est celle qui ne dépend pas du référentiel dans lequel on étudie le mouvement.

Masse	Vecteur position	Accélération	Énergie cinétique	Ne se prononce pas
☐	☐	☐	☐	☐

6. Cochez la (ou les) réponse(s) choisie(s).

Les normes de la vitesse et de l'accélération d'un point matériel sont constantes au cours du temps et non nulles. Quelle est la nature du mouvement ?

Rectiligne uniforme	Circulaire uniforme	Rectiligne uniformément accéléré	Circulaire non uniforme	Ne se prononce pas
☐	☐	☐	☐	☐

7. Cochez la (ou les) réponse(s) choisie(s).

Vous êtes assis dans une voiture de chemin de fer, dans le sens de la marche. Les fenêtres sont fermées et le train roule à vitesse constante sur une voie horizontale. Vous jetez une boule en l'air, verticalement, puis votre main s'immobilise. Où la boule retombe-t-elle ?

En avant de votre main	Sur votre main	En arrière de votre main	Ailleurs	Ne se prononce pas
☐	☐	☐	☐	☐

8. Cochez la réponse choisie.

Deux billes de masse M et m ($M > m$), assimilables à des points matériels, sont lâchées sans vitesse initiale à une hauteur h du sol, dans une région où le champ de pesanteur $\vec{g}$ est constant. On néglige la résistance de l'air. Parmi les affirmations suivantes, laquelle est exacte ?

A - La bille M atteint le sol en premier	☐
B - La bille m atteint le sol en premier	☐
C - Les deux billes atteignent le sol simultanément	☐
D - L'ordre d'arrivée au sol dépend de la latitude du lieu de l'expérience	☐
E - Ne se prononce pas	☐

9. Une masse m , soumise au champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$, peut se déplacer sans frottement d'un point A à un autre point quelconque C en suivant deux trajets différents :

- 1 - le trajet vertical AB puis le trajet horizontal BC (la longueur de BC vaut a).
- 2 - le segment AC de longueur b .

On désigne par W_1 et W_2 le travail du poids $m\vec{g}$ dans chacun des deux cas. Faire un schéma et indiquer laquelle des expressions proposées ci-dessous est correcte (cochez la bonne réponse).

$W_1 = W_2$	$W_1 = m \ \vec{g}\ b$	$W_2 = m \ \vec{g}\ a$	$W_2 > W_1$	Ne se prononce pas
☐	☐	☐	☐	☐

10. Cochez la réponse correcte.

Une particule de charge q et de masse m est soumise à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Cette particule a une vitesse initiale $\vec{v}_0$.

1 - La force magnétique est non nulle si $\vec{v}_0$ est parallèle à $\vec{B}$	☐ Vrai	☐ Faux
2 - La force magnétique est non nulle si $\vec{v}_0$ est perpendiculaire à $\vec{B}$	☐ Vrai	☐ Faux
3 - L'énergie cinétique au cours du mouvement varie	☐ Vrai	☐ Faux
4 - La trajectoire est plane si $\vec{v}_0$ est perpendiculaire à $\vec{B}$	☐ Vrai	☐ Faux

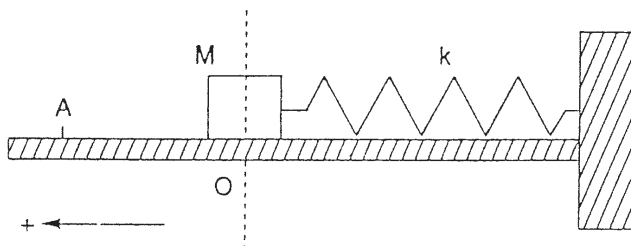
11. Cochez la réponse correcte.

Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, un satellite terrestre décrit une orbite circulaire de rayon R .

1 - La norme de sa vitesse est constante	☐ Vrai	☐ Faux
2 - Son accélération est nulle	☐ Vrai	☐ Faux
3 - Sa période de révolution est proportionnelle au rayon	☐ Vrai	☐ Faux
4 - Si le satellite est géostationnaire, sa vitesse est nulle.	☐ Vrai	☐ Faux
5 - On pourrait placer un satellite de vitesse différente sur la même trajectoire	☐ Vrai	☐ Faux

12. Cochez la réponse correcte.

L'oscillateur mécanique horizontal ci-dessous est écarté de sa position d'équilibre O , et lâché en A sans vitesse initiale, à la date $t = 0$. Ultérieurement, il oscille sans amortissement (frottements négligeables).



La seule quantité dépendant de la masse M est :

1 - L'amplitude du mouvement	☐ Vrai	☐ Faux
2 - L'énergie cinétique maximale	☐ Vrai	☐ Faux
3 - L'énergie potentielle élastique maximale	☐ Vrai	☐ Faux
4 - La vitesse maximale	☐ Vrai	☐ Faux
5 - L'énergie mécanique	☐ Vrai	☐ Faux

13. Cochez la réponse correcte.

Pour mesurer expérimentalement la capacité C d'un condensateur, on le charge à courant constant d'intensité $I = 2 \text{ mA}$. Au bout de cinq secondes, on mesure aux bornes du condensateur une tension de 1 V . La capacité du condensateur vaut :

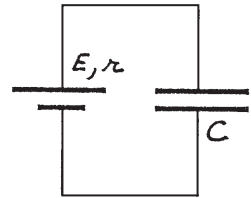
1 - $C = 1 \text{ mF}$	☐ Vrai	☐ Faux
2 - $C = 2 \text{ mF}$	☐ Vrai	☐ Faux
3 - $C = 5 \text{ mF}$	☐ Vrai	☐ Faux
4 - $C = 10 \text{ mF}$	☐ Vrai	☐ Faux
5 - $C = 20 \text{ mF}$	☐ Vrai	☐ Faux

14. Sur le schéma ci-dessous, le condensateur de capacité $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$ vient d'être chargé par la pile de f.é.m $E = 4,7 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 2,0 \Omega$. La charge étant terminée, que valent les grandeurs :

Intensité du courant électrique :

Tension aux bornes du condensateur :

Énergie emmagasinée par le condensateur :



Pour charger ce condensateur, il a fallu environ : (cochez la bonne réponse)

1 ns	1 μs	1 ms	1 s	1 min
☐	☐	☐	☐	☐

15. Une bobine de résistance $r = 20 \Omega$, et d'inductance $L = 0,1 \text{ H}$ est traversée par un courant d'intensité constante $I = 0,1 \text{ A}$.

Donnez la tension à ses bornes :

16. Cochez la réponse correcte.

Lors de la décharge d'un condensateur à travers un conducteur ohmique de résistance R , la variation de la charge en fonction du temps :

1 - est plus rapide si le produit RC est plus grand	☐ Vrai	☐ Faux
2 - est plus lente si le produit RC est plus grand	☐ Vrai	☐ Faux
3 - est indépendante du produit RC	☐ Vrai	☐ Faux

17. Cochez la réponse correcte.

L'impédance d'un dipôle (R, L, C) :

1 - ne dépend que de la bobine et du condensateur	☐ Vrai	☐ Faux
2 - dépend de la fréquence des oscillations forcées	☐ Vrai	☐ Faux
3 - est toujours supérieure à la résistance du dipôle	☐ Vrai	☐ Faux

18. Cochez la réponse correcte.

L'impédance d'un dipôle (R, L, C) est minimale :

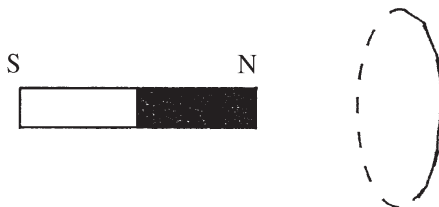
1 - lorsque le générateur impose une fréquence supérieure à la fréquence propre du circuit (R, L, C)	☐ Vrai	☐ Faux
2 - lorsque le générateur impose une fréquence égale à la fréquence propre du circuit (R, L, C)	☐ Vrai	☐ Faux
3 - lorsque l'inductance est nulle	☐ Vrai	☐ Faux

19. Cochez la réponse correcte.

Le phénomène d'induction électromagnétique se traduit :

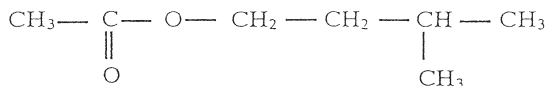
1 - toujours par l'apparition d'une force électromotrice induite	☐ Vrai	☐ Faux
2 - toujours par l'apparition d'un courant induit	☐ Vrai	☐ Faux
3 - par l'apparition d'une force électromotrice induite uniquement en circuit ouvert	☐ Vrai	☐ Faux

20. On considère une spire et un aimant droit qui s'en approche, indiquez le sens du courant induit.

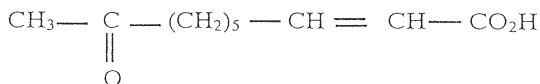


21. Chez les insectes l'émission et la perception d'odeurs est la principale forme de communication ; les molécules échangées s'appellent des phéromones.

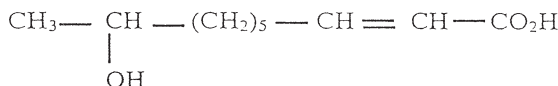
Les trois formules développées suivantes correspondent à des phéromones de l'abeille domestique.



Molécule 1 : Phéromone d'alerte de l'abeille domestique (ouvrière)



Molécule 2 : Phéromone sexuelle de l'abeille domestique (reine).

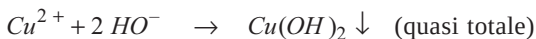


Molécule 3 : Phéromone de rassemblement de l'abeille domestique (reine).

Complétez le tableau suivant : une croix indique que la molécule possède la propriété indiquée. La première ligne peut vous servir d'exemple.

	1	2	3
Molécule(s) possédant une double liaison carbone-carbone		X	X
Molécule(s) possédant plusieurs conformations			
Molécule(s) possédant un carbone asymétrique			
Molécule(s) possédant deux formes énantiomères			
Molécule possédant la fonction alcool			
Molécule possédant la fonction acide			
Molécule(s) possédant plusieurs configurations			
Molécule(s) possédant plusieurs stéréoisomères			
Molécule(s) possédant des diastéréoisomères			

22. Dès qu'on verse une goutte de solution d'hydroxyde de sodium dans une solution de sulfate de cuivre, la réaction de précipitation suivante a lieu :

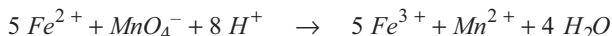


- | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| • L'hydroxyde de cuivre est très soluble dans l'eau | ☐ Vrai | ☐ Faux |
|---|-------------------------------|-------------------------------|

On mélange alors 0,03 mol d'ions Cu^{2+} et 0,03 mol d'ions HO^{-}

• Le mélange initial est stœchiométrique	☐ Vrai	☐ Faux
• Tous les ions HO^{-} réagissent	☐ Vrai	☐ Faux
• Il apparaît 0,03 mol d'hydroxyde de cuivre	☐ Vrai	☐ Faux
• Tous les ions Cu^{2+} réagissent	☐ Vrai	☐ Faux

23. On dose un volume V_1 de solution de sulfate de fer(II) de concentration inconnue c_1 par une solution S_2 de permanganate de potassium de concentration connue c_2 . On atteint l'équivalence lorsqu'on a versé un volume $V_{2\text{équ}}$ de S_2 . La réaction de dosage a pour équation-bilan :



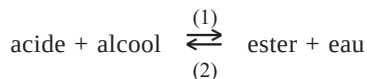
A l'équivalence :

• $c_1 V_1 = c_2 V_{2\text{équ}}$	☐ Vrai	☐ Faux
• $5 c_1 V_1 = c_2 V_{2\text{équ}}$	☐ Vrai	☐ Faux
• $c_1 V_1 = 5 c_2 V_{2\text{équ}}$	☐ Vrai	☐ Faux

Juste après l'équivalence :

• la solution contient des ions Fe^{3+}	☐ Vrai	☐ Faux
• la solution contient des ions Fe^{2+}	☐ Vrai	☐ Faux
• la solution contient des ions MnO_4^{-}	☐ Vrai	☐ Faux
• la réaction continue à se produire	☐ Vrai	☐ Faux

24. On réalise un mélange de 0,100 mol d'un acide carboxylique et de 0,100 mol d'alcool. Une réaction conduit à la formation d'un ester et d'eau :



Au bout d'une journée, on constate que la quantité d'ester formé ne varie plus : $n_{\text{ester}} = 0,066 \text{ mol}$.

• on a alors atteint l'état d'équilibre chimique	☐ Vrai	☐ Faux
• le rendement de la réaction est 34 %	☐ Vrai	☐ Faux
• une fois l'équilibre atteint, la réaction ne se poursuit plus	☐ Vrai	☐ Faux
• avant que l'équilibre soit atteint, la réaction n'avait pas lieu dans le sens (2)	☐ Vrai	☐ Faux
• en ajoutant un catalyseur, on peut obtenir plus de 0,066 mol d'ester	☐ Vrai	☐ Faux
• en distillant, quand c'est possible, l'ester au fur et à mesure de sa formation, on peut augmenter le rendement	☐ Vrai	☐ Faux
• en ajoutant de l'acide on déplace l'équilibre dans le sens (2)	☐ Vrai	☐ Faux

25.

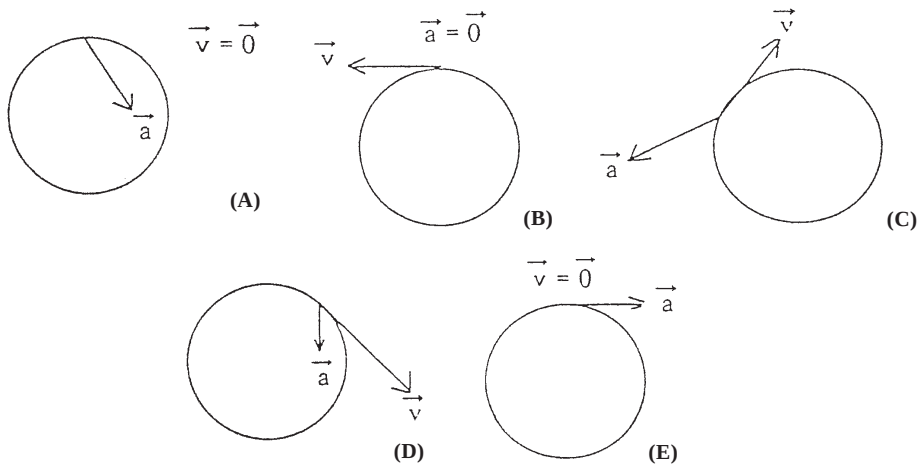
• un acide est une espèce chimique capable de capter un proton	☐ Vrai	☐ Faux
• un oxydant est une espèce chimique capable de céder un proton	☐ Vrai	☐ Faux
• un réducteur est une espèce chimique capable de céder un ou plusieurs électrons	☐ Vrai	☐ Faux
• un exemple de couple acido-basique est H_2O / HO^-	☐ Vrai	☐ Faux
• un exemple de couple acido-basique est H_2O / H_2	☐ Vrai	☐ Faux
• un exemple de couple redox est HO^- / O_2	☐ Vrai	☐ Faux

26. Soient deux couples redox Ox_1 / Red_1 et Ox_2 / Red_2 de potentiels standard E_1^0 et E_2^0 tels que $E_1^0 > E_2^0$. La réaction «naturelle» qui peut avoir lieu est :

• $Ox_1 + Ox_2 \rightarrow Red_1 + Red_2$	☐ Vrai	☐ Faux
• $Ox_1 + Red_2 \rightarrow Red_1 + Ox_2$	☐ Vrai	☐ Faux
• $Ox_2 + Red_1 \rightarrow Red_2 + Ox_1$	☐ Vrai	☐ Faux
• $Red_1 + Red_2 \rightarrow Ox_1 + Ox_2$	☐ Vrai	☐ Faux

Questions à n'aborder qu'après avoir répondu
à toutes les autres

27. Parmi les mouvements *circulaires* suivants, où l'on représente à un instant donné les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$, quels sont ceux qui sont possibles ?



Placez une croix dans les cases correspondant aux mouvements possibles

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
☐	☐	☐	☐	☐

28. Analyse dimensionnelle

Une bille est abandonnée sans vitesse initiale en un lieu où la norme du champ de gravitation est g . La loi qui donne la norme de sa vitesse v en fonction de l'espace parcouru l est de la forme :

$$v = K l^\alpha g^\beta m^\gamma \quad (\text{K sans dimension})$$

En utilisant l'analyse dimensionnelle, répondez aux questions ci-dessous :

• $\alpha = 1/2$	$\beta = 1/2$	$\gamma = 0$	☐ Vrai	☐ Faux
• $\alpha = 0$	$\beta = 0$	$\gamma = 0$	☐ Vrai	☐ Faux
• $\alpha = 1$	$\beta = 1$	$\gamma = 1$	☐ Vrai	☐ Faux

Annexe 2

Résultats comparatifs

		LYCEE	IUT	UNIVER	CPGE
				SITE	
Nombre de réponses		537	357	702	2478
Pourcentage de réponses		%	%	%	%
		bonnes	bonnes	bonnes	bonnes
Exercice 1	force	96	96	95	98
UNITES	période	93	92	86	92
	énergie cinét	97	95	93	98
	puissance	96	98	99	97
Exercice 2	degré-radian	87	82	74	92
CONVERSION	micro	94	92	88	96
	1 m/s	94	95	91	98
Exercice 3	cosinus	95	93	93	97
GEOMETRIE	aire parallél.	64	47	53	79
Exercice 4	$a=0$	55	46	50	69
MOUVEMENT	vecteur v cstt	52	47	43	66
CIRCULAIRE	a centripète	76	77	79	85
UNIFORME	a tangentiel	74	74	77	85
	a décroît av. r	58	49	61	71
Exercice 5	masse	55	61	59	78
Exercice 6	circul. unif.	41	33	47	64
Ex 7 : chute	sur	66	74	66	69
Ex 8 : 2 billes	en même tem	55	61	61	72
Exercice 9	$W1 = W2$	47	51	55	72

Exercice 10	a)	74		74		75		83
Mouvement	b)	74		74		70		83
dans B	c)	60		51		44		66
	d)	64		50		54		72
Exercice 11	$v = \text{cste}$	95		91		90		93
satellite	$a = 0$	50		53		52		73
circulaire	T proport. à r	20		15		12		22
	géostat. $v = 0$	75		76		69		77
	v_1 et v_2	80		78		72		84
Exercice 12	vitesse max	24		20		24		26
Exercice 13	10 mF	62		41		35		61
Exercice 14	intensité	27		26		20		51
Charge achev	tension	46		43		31		60
	energie	25		21		16		32
	durée caracté	56		24		18		40
Exercice 15	tension bobine	36		47		23		47
Exercice 16	a)	70		67		57		72
$\tau = RC$	b)	57		58		48		68
	c)	88		85		73		88
Exercice 17	L et C	74		58		49		71
Impédance	fréquence	58		51		40		59
	$Z > R$	28		35		27		37
Exercice 18	$\text{fréq} > \text{fr propr}$	33		65		42		66
Z minimale	$\text{fréq} = \text{fréq pr}$	54		43		30		57
	$L = 0$	25		60		40		63
Exercice 19	f.e.m.	50		45		34		48
induction	i induit	32		27		15		27
Exercice 20		53		34		55		46
Exercice 21		38		39		22		40
Stéréochimie		72		76		33		70
		55		50		43		52
		60		85		64		77
		64		67		52		65
		40		42		26		37
		39		36		19		37

Exercice 22		66		53		36		68
Stoechiométrie		78		84		62		85
		69		71		55		74
		54		53		46		58
		59		59		45		71
Exercice 23		66		59		51		66
dosage redox		86		78		64		73
		53		42		39		51
		93		92		73		84
		65		62		45		59
		51		45		36		38
		45		49		39		56
Exercice 24		91		89		70		83
estérification		85		74		15		74
		62		55		43		57
		70		73		54		71
		84		68		56		66
		66		72		51		71
		76		63		48		70
Exercice 25		73		77		51		74
couples acido		65		56		46		59
basiques et		68		69		48		62
redox		93		88		69		82
		79		76		64		78
		40		44		29		43
Exercice 26		98		91		75		83
Règle du		96		84		70		67
gamma		90		66		62		62
		99		93		73		83
Exercice 27	A	66		92		?		90
	B	28		43		43		67
	C	64		85		?		88
	D	66		39		34		50
	E	24		19		15		15
Exercice 28		60		84		26		53