

Rapport de M. Frédéric PINCET et Mme Sophie REMY, correcteurs.

La première épreuve de physique de la filière PC traitait d'un sujet décrivant le principe d'un anneau de stockage pour molécules polaires. Sa résolution nécessitait une bonne connaissance du cours, une certaine habileté dans la gestion des calculs ainsi qu'une utilisation rationnelle des mathématiques au programme, et enfin du sens physique indispensable pour la compréhension des phénomènes.

Les parties étaient suffisamment indépendantes afin que les candidats ne restent pas bloqués. Toutes les questions ont été abordées et résolues. Les candidats prennent visiblement le temps de lire l'énoncé et d'aborder en priorité les parties où ils sont plus à l'aise.

Néanmoins une attitude de « papillonnement » empêche le candidat de pénétrer l'esprit du problème et le pénalise plutôt qu'elle ne l'avantage. Nous recommandons aux candidats une démarche logique pour choisir les questions à traiter, même si bien sûr cela n'a aucune incidence sur la note.

L'épreuve s'inscrit dans un concours, aussi les correcteurs classent-ils les candidats en tenant compte de plusieurs critères dont la cohérence est l'un des principaux. Toutes les réponses sont lues et évaluées. La rigueur, la clarté du raisonnement, souvent liés à une rédaction concise et claire, sont des critères tout aussi importants que la bonne connaissance du cours et l'habileté à dérouler un calcul. Plus la copie est précise, meilleure est l'évaluation. Rappelons que le doute n'est jamais en faveur du candidat et qu'une erreur bien identifiée n'est pas fatale. Le candidat peut tout à fait proposer son résultat et continuer avec celui de l'énoncé s'il est différent. Il est tout à fait déconseillé au contraire de masquer une erreur dans une « pirouette » rédactionnelle qui n'échappe pas à la lecture experte du correcteur.

Pour les candidats français 4,5% des notes sont inférieures à 2 et donc potentiellement éliminatoires.

Les notes des candidats français se répartissent selon le tableau suivant :

$0 \leq N < 4$	170	12,88%
$4 \leq N < 8$	443	33,56%
$8 \leq N < 12$	449	34,02%
$12 \leq N < 16$	221	16,74%
$16 \leq N \leq 20$	37	2,80%
Total	1320	100 %
Nombre de copies : 1320		
Note moyenne 8,48		
Écart-type : 3,86		

Les précédents rapports contiennent de nombreux conseils et nous encourageons fortement les candidats et leurs professeurs à s'y référer. Nous rappelons les principaux :

- Soigner la rédaction et bien faire apparaître les étapes du raisonnement. La « construction du résultat » est aussi importante, sinon plus, que le résultat lui-même. Bannir définitivement les expressions telles que : « on voit bien que », « il est évident que », etc. Un résultat non justifié n'est jamais pris en compte.
- Ne pas hésiter à faire des schémas, même si cela n'est pas demandé explicitement. Une explication géométrique n'a pas de sens, sinon :
- Eviter des erreurs grossières par des analyses rapides, dimensionnelles ou aux limites. Poser le calcul et donner toujours l'unité pour une application numérique. Signaler, le cas échéant, un résultat aberrant. Le fait d'avoir conscience d'une éventuelle erreur est un comportement responsable. Continuer avec les données du problème si on n'est pas arrivé à les établir.
- Utiliser de façon rationnelle les connaissances acquises en mathématiques. Les disciplines ne sont pas cloisonnées dans la vie professionnelle d'un chercheur ou d'un ingénieur. Les candidats doivent arriver à utiliser des méthodes acquises lors d'autres cours pour résoudre un problème de physique.
- Toutes les fois que c'est possible, assortir le résultat d'un petit commentaire, a fortiori quand il n'est pas intuitif.

Étudions à présent les différentes parties du problème. Nous indiquons entre crochets, pour chaque question, le pourcentage des copies ayant obtenu plus de la moitié des points.

Première partie

Le début du problème fait appel à des notions d'électrostatique. Cette partie a pu mettre en valeur ceux qui avaient compris des notions parfois survolées en classe, comme les symétries, mais aussi ceux qui savaient utiliser de façon rationnelle leur cours de mathématiques.

1. [67,5%]

Toutes les étapes de cette question font appel à la maîtrise des notions d'invariance et de symétrie. La question est fractionnée en étapes afin d'arriver à une propriété du potentiel électrostatique V créé par la distribution.

Nous avons tenu compte de toutes les réponses selon la cohérence du raisonnement. Le verbiage et la paraphrase – notamment pour la question d) – n'ont rien rapporté. De même les candidats qui nous détaillent un schéma (sur leur brouillon?) que nous n'avons pas sur la copie ont perdu leur temps.

2. [89,8%]

Nous avons examiné tous les modes de calcul proposés. Le calcul par le théorème de Gauss a été de loin très majoritaire. Les candidats qui oublient qu'un potentiel se détermine à une constante près sont en revanche assez nombreux.

3. [88,5%]

Les étourdis rajoutent en hâte la fameuse constante d'intégration et tout le monde obtient le résultat demandé.

4. [68,6%]

La question a embarrassé un grand nombre de candidats qui se sont empêtrés dans des calculs sans fin ou qui se sont contentés de répondre « on voit bien que », « c'est évident ». La question est purement mathématique, mais elle est nécessaire pour la suite. Nous regrettons que de telles barrières soient dressées entre le cours de maths et le cours de physique.

5. [37,6%]

Ici encore il faut être appliqué et rigoureux afin de ne pas se perdre dans le déroulement du calcul qui n'est pourtant pas si compliqué. Nous avons assisté à des horreurs que nous ne détaillerons pas par égard vis-à-vis des professeurs de mathématiques. Le développement limité est calculé n'importe comment, en supprimant n'importe quoi. Le pire a été le traitement du module. Nombreux ont été les candidats qui se sont tout simplement bornés à ne conserver que la partie réelle après un développement limité raté. Quant aux coefficients ils se transforment par magie d'une ligne à l'autre pour obtenir le résultat demandé fièrement encadré ! Nous ne répèterons sans doute jamais assez que ces pratiques, qui ne trompent personne, sont sanctionnées, et ne disposent pas favorablement le correcteur.

6. [25,3%]

Cette question demandait elle aussi un minimum de rigueur mathématique. Mais ce qui nous semble un minimum nous apparaît comme une exigence insurmontable compte tenu de la diversité des résultats – et donc des erreurs – obtenus. La question sur les électrodes paires n'a en revanche posé aucun problème.

7. [14,2%]

Le simple fait d'écrire la définition d'une « capacité » aurait aidé les candidats calculant des expressions qui nous sont restées incompréhensibles. Nous avons sinon accepté toutes les méthodes. Les principales erreurs ont été dans l'évaluation de la charge totale.

8. [11,5%]

Compte-tenu du faible nombre de réponses correctes à la question précédente, nous avons majoritairement évalué les ordres de grandeur trouvés en fonction du résultat proposé à la question 7. Nous sommes étonnés que des élèves habitués à manipuler des capacités en travaux pratiques aient très peu de sens critique vis à vis d'un résultat aberrant !

Deuxième partie

Cette partie étudie les causes du mouvement des molécules et leur conséquences sur l'allure du jet.

1. [69,2%]

La question ne fait appel qu'à des connaissances de cours. L'erreur principale a été le signe proposé pour l'énergie potentielle.

2. [82%]

Cette question était un calcul très classique du cours d'électrostatique. Il est étonnant que des élèves arrivant à ce niveau d'étude confondent vecteur et scalaire et n'arrivent pas à calculer le gradient d'une fonction assez simple ici !

3. [80,2%]

La facilité de la question découlait de l'aisance avec laquelle le résultat précédent avait été établi. Néanmoins, les candidats ont exposé, parfois de façon très détaillée, les solutions de l'équation différentielle proposée en fonction du signe de d_{eff} . Seuls quelques étourdis se sont trompé pour établir ω_0 .

4. [14%]

La question semblait simple et pourtant les réponses proposées révèlent beaucoup de confusions de la part des candidats. Très peu d'entre eux ont pris le temps de comprendre qu'il y avait deux bases de vecteurs et encore moins ont su comment utiliser la condition initiale et en déduire la solution. Le mouvement selon l'axe z a été très peu décrit car complètement occulté à cause de la confusion entre les vecteurs \vec{r} et \vec{e}_r .

5. [11,8%]

Cette question ne pouvait se résoudre de façon claire que si le mouvement avait été compris. Ici encore nous avons constaté le talent de nombreux candidats très à l'aise pour parler de choses qu'ils n'essaient même pas de clarifier, voire de définir. La « distance de première refocalisation » est ainsi apparu comme l'annulation de quelque chose de

très vague. Un peu de recul et de réflexion auraient permis à ces candidats pressés de comprendre la configuration du jet moléculaire dont il était question.

6. [35,3%]

Cette question de statistiques a été abordée diversement. La notion de « vitesse la plus probable » est connue, de même que celle de « vitesse quadratique moyenne », sans doute stockée dans la calculatrice. Nous avons apprécié les rédactions pertinentes.

7. [3,5%]

Rappelons aux candidats de commencer par poser leur application numérique avant de la résoudre et de vérifier les conversions d'unité.

Troisième partie

Il fallait prendre le temps de bien comprendre la signification des notations et la définition des différentes bases utilisées. À part cela, les connaissances requises pour cette partie étaient basiques. Elle a été largement abordée et parfois bien résolue.

1. [61,4%]

La question est un cadeau pour ceux qui ont le courage de faire un petit dessin clair et surtout qui savent exprimer l'accélération dans un système de coordonnées cylindriques. Hélas, cette « formalité » n'a pas du tout eu le succès attendu, et c'est avec consternation que nous avons assisté à un déballage d'inepties du style : $a_\rho = \ddot{\rho}$, ou même : $a_\varphi = \ddot{\varphi}!!!$

2. [49,1%]

On peut procéder de plusieurs façons pour montrer qu'une quantité est conservée dans le temps, mais encore une fois nous demandons aux candidats une démonstration convaincante et non de vagues « il est évident que », ou pire un calcul raturé à l'effaceur, impossible à vérifier, mais qui conduit au « = 0 » si attendu.

La conservation de L_x a été très mal établie. Le candidat moyen semble se borner à foncer tête baissée sans prendre le temps de réfléchir aux conséquences d'une force centrale pour le mouvement. L'expression de l'énergie mécanique en deux termes et leur conservation a révélé plus de maturité de la part des candidats.

3. [7,6%]

Cette question demandait un peu de recul afin d'exploiter avec pertinence les résultats. Elle fut en générale bien menée par ceux qui s'y sont risqués et qui ont pris la peine de réfléchir au phénomène. Les réponses furent en général pertinentes, la représentation graphique juste et les calculs menés à terme.

Cette question a permis à de nombreux candidats d'étoffer leur note.

4. [22,8%]

Cette question, assez indépendante, a du succès et ses deux parties correctement résolues.

5. [2,4%]

Le rappel de l'énergie effective a sans doute dérouté les plus hésitants, mais pas les battants.

Les parties a) et b) faisaient appel à une méthode d'étude classique pour les forces centrales. Elles ont été bien réussies.

En revanche les questions c) et d) devenaient plus techniques, mais le graphe fut tenté avec succès.

6. [0,3%]

Cette dernière question permettait de dégager des conclusions. La partie a) n'a pas échappé aux candidats avides de points qui passent d'une question à l'autre sans chercher de sens aux réponses qu'ils donnent. Malheureusement il fallait suffisamment de recul sur le problème pour donner des réponses qui ne soient pas des banalités. Quelques candidats ont fait preuve d'intérêt et d'idées!

Le problème ne comportait pas de réelles difficultés et nous sommes étonnés des erreurs très grossières rencontrées au fil de la correction. Apparemment les bases même du cours et les techniques associées ne sont pas acquises. Ce constat est alarmant chez des jeunes destinés à des études scientifiques de haut niveau.

Heureusement, un nombre significatif de candidats nous a paru avoir bien perçu l'épreuve et a fait preuve à la fois de savoir faire et de maturité.

Espérons que cette tendance se confirmera en 2006!