

Rapport de correction de l'épreuve de Physique 1, CCP option PC, session 2009

Fabrice Thalmann

*Maître de Conférences, Université de Strasbourg,
26 juin 2009*

- Introduction
- Erreurs fréquemment commises
- Conseils aux candidats

INTRODUCTION

L'épreuve de Physique 1 2009 se composait de deux parties indépendantes de longueur et d'importance semblables, comptant respectivement 15 et 16 questions. Cela en fait un énoncé significativement plus court que ceux des éditions précédentes. De fait, de nombreux candidats ont été en mesure de traiter la totalité de l'épreuve dans le temps imparti, chaque correcteur ayant vu plusieurs de telles copies.

Le premier problème, **Voile solaire**, était construit autour du programme de mécanique de première année : forces centrales, dynamique du point. Le second problème, **Vibrations transverses**, s'appuyait sur le programme de deuxième année : ondes transverses le long d'une corde, ondes stationnaires et résonances. Le sujet ne comportait pas de piège, et les difficultés mathématiques y étaient gommées autant que possible. Les réponses allaient bien dans le sens attendu dans l'ensemble, à l'exception de la question II.1.3 qui s'est révélée confuse et peu satisfaisante. Les parties I.1 et II.1 pouvaient être considérées comme des applications directes du cours. La partie II a été légèrement mieux traitée que la partie I, ce que l'on peut sans doute attribuer au fait que la partie I portait sur le programme de sup.

Souvent, une démonstration ou justification était demandée dans l'énoncé. Les résultats sans justification, ainsi que les résultats non homogènes (unité, vecteurs) ont été sanctionnés. Une majorité de copies sont plutôt soignées mais il reste une fraction incompressible de copies illisibles ou déstructurées. Certains candidats perdent des points faciles en ne faisant pas les applications numériques demandées, quand bien même ils ont obtenu une expression exacte.

En dépit d'un barème généreux, tous les correcteurs ont observé un nombre significatif de copies de très faible niveau. La moyenne brute (avant réajustement du jury d'admissibilité) de correction s'est établie légèrement en deça de la moyenne, ce qui signifie que la moitié des candidats n'a su traiter que moins de la moitié de l'épreuve. Un consensus se dégage pour qualifier de très faibles les copies ayant obtenu une note inférieure à 6,00, soit un bon quart du total. Nous nous demandons encore ce qu'ont bien pu faire ces candidats pendant deux ans de prépa pour en arriver à un tel résultat.

L'insuffisance la plus flagrante porte sur la partie I.2, où la projection des vecteurs dans les repères $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta)$ et $(\vec{n}, \vec{u})$ a

fait des ravages. Il est inadmissible de ne pas savoir projeter un vecteur dans un repère orthogonal lorsqu'on prétend devenir ingénieur.

ERREURS FRÉQUEMMENT COMMISES

Voici une analyse détaillée des erreurs les plus communes, question par question.

I.1.1 Généralement bien su.

I.1.2 Nous attendions le moment cinétique (ou constante des aires) et l'énergie mécanique. Beaucoup de candidats se contentent de mentionner la masse du Soleil et la constante de gravitation comme constante du mouvement. Rappelons que le terme « constante du mouvement » à un sens bien précis en mécanique. Autre erreur fréquente, la conservation de l'énergie cinétique et/ou potentielle, en sus de l'énergie mécanique. Beaucoup plus rarement, la force de gravitation a le mauvais signe (répulsive).

I.1.4 Nous notons ici que la constante des aires est généralement mieux connue que le moment cinétique. Ce dernier fait parfois l'objet d'une définition fantaisiste. Pour valider sa démonstration, le candidat devait d'abord identifier la constante $\mathcal{L} = mr^2\dot{\theta}$ avant de dériver par rapport à r sous peine de se retrouver avec un résultat de signe opposé.

Nous avons vu des candidats confondre les dérivées par rapport au rayon r et les dérivées temporelles, les deux étant notées E'_p .

I.1.5 Les réponses attendues étaient respectivement le cercle, l'ellipse et l'hyperbole, la parabole n'étant qu'un cas particulier. Nous avons vu de nombreuses confusions entre parabole et hyperbole. L'analogie avec le système mécanique unidimensionnel piège beaucoup de candidats qui jugent le point situé en A immobile, alors qu'il s'agit d'une orbite circulaire. Enfin, nombre de candidats s'attendent à voir le point s'écraser sur le Soleil dans le cas C. On ne peut pas dire non plus que le point s'éloigne du Soleil en spirale, car dans le cas C, le point ne fait jamais le tour complet de l'astre.

I.2.1-3 La projection des vecteurs est problématique.

D'autre part, les candidats disposaient d'un moyen de contrôle de leur résultat : la pression de radiation est répulsive.

I.2.4 Il fallait maximiser $\cos^2(\alpha)\sin(\alpha)$. Le résultat n'est

- pas $\pi/4$, ni $\pi/2$.
- I.2.5 Quelques applications numériques justes ont été gâchées par une unité incorrecte : l'accélération s'exprime en m.s^{-2} .
- I.3.1 Il ne suffisait pas de dire que les deux courbes se ressemblaient beaucoup. Il fallait mentionner l'importance du minimum de ces courbes pour l'étude de l'orbite héliocentrique quasi-circulaire.
- I.3.2 L'une des questions les mieux traitées. Attention toutefois à l'homogénéité vectorielle des expressions. Une erreur récurrente consistait à introduire la masse m dans l'expression du théorème du moment cinétique ($mrF_\theta \dots$).
- I.3.3 Cette question était facile à condition de suivre l'indication fournie. L'approximation incorrecte $mr\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} \approx 2\dot{r}\dot{\theta}$ conduisait à un résultat faux d'un facteur 4.
- I.3.4 La décroissance du flux lumineux en fonction de l'inverse du carré de la distance $\Phi(r) = \Phi(r_T)(r_T/r)^2$ ne va pas de soi. Parfois, même si la loi est énoncée correctement, sa mise en équation conduit à des erreurs. Pour récapituler, nous avons vu des flux en $1/r$, en $1/r^3$, croissant avec $r \dots$
- I.3.5 Il n'a pas été donné de point à ceux qui ont simplement démontré la relation figurant au bas de la page. Le temps de transit dans les conditions de l'énoncé est d'environ 8 ans, peu trouvé.
- II.1.1 Cette question a posé problème : signe faux $-T\partial h/\partial x$, confusion entre force et résultante sur un élément dx de ces forces $T\partial^2 h/\partial x^2$, expressions incomplètes en fonction de l'angle α pour ne citer que les erreurs les plus communes.
- II.1.2 La démonstration de l'équation de d'Alembert, ainsi que la célérité des ondes associées, est généralement connue, à défaut d'être énoncée clairement.
- II.1.3 Cette question a posé problème car elle était mal posée. Initialement, la réponse attendue était que la présence d'une discontinuité de la dérivée spatiale de h (ou de l'angle) donne lieu à une résultante des forces de tension finie, appliquée à un élément de masse μdx infiniment petite et donc une accélération singulière. Si cela n'est pas vraiment acceptable d'un point de vue physique, pour une corde avec raideur, on peut mathématiquement accepter ces solutions, pour une corde sans raideur. Ainsi l'étude d'une corde pincée fait souvent appel à une telle condition initiale. Aussi, nous avons décidé d'accepter tout raisonnement nous paraissant physiquement sensé. Cela étant dit, un bon nombre de candidats identifient les noeuds de l'onde stationnaire à des points singuliers. Il n'en est rien, la fonction $h(x, t)$ est régulière au voisinage d'un noeud. Nous conjecturons que l'habitude de représenter graphiquement un « faisceau » ou une enveloppe pour les vibrations de l'onde stationnaire, avec des croisements au niveau des noeuds, explique cette confusion.
- II.1.4 La relation entre ω et k ne pose généralement pas

de problème, ni sa démonstration. Un certain nombre de candidats ont cependant eu besoin de revenir à des ondes progressives pour les besoins de leur démonstration : cela a été sanctionné. Notons à ce propos que la notation complexe doit être utilisée avec prudence dans le cas des ondes stationnaires, qui sont des superpositions d'ondes progressives. Dans le cas présent, la notation complexe n'apporte aucun bénéfice.

- II.1.5 Les modes propres d'une onde stationnaire d'une corde fixée en ces deux extrémités sont plutôt bien connus. Nous avons relevé un certain nombre d'erreurs, comme des relations erronées entre la fréquence et la pulsation, ou des fréquences faisant intervenir de façon explicite la phase ϕ . Or s'il est bien entendu que la phase ϕ peut-être fixée arbitrairement à n'importe quel multiple de π , la suite des fréquences propres f_n n'est, elle, nullement arbitraire ! C'est en choisissant $\phi = 0$ que l'on établit cette liste le plus simplement.
- II.1.6 Assez curieusement, certains candidats ont des harmoniques qui suivent une progression géométrique de raison 2 : 2, 4, 8, 16 noeuds *etc.* S'agirait-il d'une confusion avec les gammes et octaves musicaux ?
- II.1.7 Du pur calcul, et pourtant on est loin des 100% de réussite. Beaucoup de problèmes d'homogénéité tels que $1 + c^2 \dots$
- II.2.1 Cette question, qui faisait écho à la question II.1.4, a été généralement bien traitée.
- II.2.2 Les erreurs les plus fréquentes ont été des problèmes de signe, avec $T(\partial h(L^+, t)/\partial x + \partial h(L^-, t)/\partial x)$ en lieu et place de $T(\partial h(L^+, t)/\partial x - \partial h(L^-, t)/\partial x)$.
- II.2.3 Cette question nécessitait de tenir compte de la symétrie particulière de la fonction h . Il y a eu de nombreuses tentatives de bidouillage et d'arnaque pour tomber sur le résultat annoncé. Les correcteurs ne se laissent pas prendre.
- II.2.4 La fonction cotangente n'a pas que des amis. Si certains candidats on confondu cotangente et arctangente, l'erreur la plus commune a été de tracer la courbe entre 0 et 3π , mais en laissant la calculatrice en mode degré. Cela a pour résultat de donner une courbe gentiment décroissante et positive. Dommage.
- II.2.5-6 Ces questions n'ont pas posé de problème particuliers aux candidats maîtrisant la notion de développement limité.
- II.3.1-3 Cette partie relativement indépendante et facile a été délaissée par les candidats. Le facteur de qualité est parfois défini à l'envers $Q = \Delta f/f$ au lieu de $Q = f/\Delta f$.

CONSEILS AUX CANDIDATS

Les candidats doivent trouver un juste milieu, entre absence de justification et excès de baratin. Les résultats finaux doivent être clairement mis en évidence, par exemple encadrés ou soulignés. Ne pas hésiter à faire une application numérique lorsque cela est possible, cela peut

rapporter beaucoup comparé au temps que l'on y consacre. Nous reprenons à notre compte les conseils formulés par l'un d'entre nous, et qui sont les suivants.

Recette du succès, dans l'ordre :

1. Vérifier l'homogénéité dimensionnelle des résultats finaux (exemple des facteurs $1 + c^2$ à la question II.1.7).
2. Un vecteur n'est pas égal à un scalaire.
3. Vérifier la cohérence de signe (*cf* le signe de la force, question I.2.2).
4. Vérifier la cohérence des résultats sur des cas particuliers (toujours à la même question, les cas particuliers $\alpha = 0$ ou $\alpha = \pi/2$).
5. Vérifier la cohérence des applications numériques, l'unité et le nombre de chiffres significatifs (exemple : la période de révolution de mars de quelques minutes ou de 2 jours...).