

EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE I

par **Fabrice THALMANN**, Maître de Conférences
à l'Université de Strasbourg

1. Introduction

L'épreuve de Physique 1 2010 se composait de deux parties indépendantes de longueur et d'importance semblables, comptant respectivement 17 et 18 questions. De nombreux candidats ont été en mesure de traiter la totalité de l'épreuve dans le temps imparti.

Le premier problème, **Oscillateurs à relaxation**, s'appuyait sur le programme de mécanique des fluides de deuxième année, ainsi que sur un TP-cours d'électronique « générateur de signaux carrés ».

Le second problème, **Effet Doppler et ondes sonores**, abordait de deux façons distinctes les décalages en fréquence associés aux déplacements d'une source sonore et d'un observateur. Une première partie traitait ce phénomène par des considérations cinématiques, tandis que ces résultats étaient établis ensuite de façon plus formelle en considérant la propagation des ondes sonores et leur réflexion sur un obstacle en mouvement. Quelques questions de thermodynamique, proches du cours, s'intercalaient entre les parties.

On pourra regretter une application numérique basée sur des données redondantes et légèrement contradictoires à la question II.2.2 ($c=330$ ou 340 m/s suivant les cas), des données numériques dont le nombre de chiffres significatifs n'était pas explicite à la question II.4.4. Le traitement de la question II.4.2 impliquait de négliger l'écoulement macroscopique autour de l'obstacle, et il aurait été préférable de décomposer cet écoulement en une somme de trois contributions : $v_i(x,t)+v_r(x,t)+v_m(x,t)$ (onde incidente, réfléchie, écoulement macroscopique). Enfin, on parle de vitesse du signal dans la partie II.1 et de célérité de l'onde dans la partie II.3, alors qu'il s'agit de la même grandeur.

2. Quelques observations

Des points ont été attribués à la tenue des copies, à la qualité du raisonnement et de la rédaction, ainsi que pour des calculs, démonstrations ou observations particulièrement remarquables. La moyenne brute de l'épreuve est cependant faible, traduisant l'abandon fréquent des parties I.2, I.3 et II.1.

Les correcteurs ont vu trop de schémas peu lisibles et peu soignés (question I.1.1). Lorsqu'une courbe ou une illustration est demandée, il faut tracer de façon claire, suffisamment grande et s'appliquer : traits non raturés, annotations.

Les candidats prennent trop souvent leurs désirs pour des réalités, au mépris du contexte physique. Ainsi l'équation différentielle de la question I.2.2 n'était pas linéaire, les oscillations des parties I.3 et I.4 n'avaient rien de sinusoïdal, les questions II.1.4 et II.1.5 ne se déduisaient pas trivialement de II.1.2 et II.1.3.

Les applications numériques aberrantes ne font pas réagir suffisamment de candidats, telle une vitesse du son de 10 m/s. Il en est de même d'expressions littérales manifestement fausses, comme une fréquence $f(v)=f_0 c/v$, alors que $f(v)$ doit tendre vers f_0 lorsque v tend vers 0 (partie II.1).

La tentation de berner le correcteur en utilisant des résultats sortis de la machine (comme l'impédance acoustique de la question II.3.2) ou des raisonnements de mauvaise foi pour démontrer un résultat juste à partir de prémisses fausses (comme retrouver le résultat correct de II.4.3 à partir des questions II.1.4 et II.1.2 erronées) se manifeste encore trop souvent.

3. Erreurs fréquentes

Oscillateurs à relaxation

Les parties I.1 et I.4 ont été fréquemment abordées. Les parties I.2 et I.3 ont posé beaucoup de difficultés et causé de nombreux abandons.

I.1.1 - Les lignes de courant sont orientées, elles partent orthogonalement de la surface libre. Il faut en tracer plusieurs et elles ne doivent pas se croiser ni se confondre.

I.1.2 - La vitesse de la surface supérieure est négligée d'emblée, malgré la consigne de l'énoncé. On a vu des confusions entre débits volumique et massique.

I.1.3 - Nombreuses erreurs sur le signe de dh/dt .

I.2.3 - L'équation obtenue était du premier ordre mais non linéaire. De nombreux candidats ont plaqué une solution exponentielle $h(t)=\exp(-at)$ totalement injustifiée, voire une chute libre $h(t)=h_0-gt^2/2$.

Il était possible de transformer cette équation en élevant au carré les deux membres et en dérivant par rapport au temps. On obtenait ainsi une équation du second ordre $d^2h/dt^2 = \text{Constante}$. Malheureusement, peu de candidats ont su placer les conditions initiales $h(0)$ et $dh/dt(0)$ nécessaires pour trouver alors la solution exacte.

A noter quelquefois des simplifications outrancières : $\sqrt{h-z} = \sqrt{h} - \sqrt{z}$.

I.3.1 - Le débit entrant avait fréquemment le mauvais signe.

I.3.4 - Le mécanisme d'oscillation a été souvent compris, à défaut d'être clairement expliqué. Cependant, la valeur du débit critique D_c , contrôlé par z_B , n'a pas été trouvée par la majorité.

I.3.5 - L'allure du profil de hauteur n'avait rien de sinusoïdal, ni sinusoïdal amorti.

I.4.1 La majorité des candidats ont appliqué le théorème de Millman et utilisé la notation complexe. C'est bien à condition de ne pas oublier de revenir à la variable de temps t et de donner l'équation différentielle du premier ordre correspondante.

I.4.2 - La tension aux bornes du condensateur est une fonction continue du temps. De nombreux schémas montrent une tension discontinue (confusion avec l'intensité i) ou une évolution purement sinusoïdale. Enfin, la bascule de l'amplificateur opérationnel se produit bien avant la tension de saturation du condensateur V_s .

I.4.3 - Florilège de réponses erronées : $1/RC$, $1/\sqrt{RC}$, $2\pi\sqrt{RC}$...

I.4.4 - L'analogie entre le réservoir et le condensateur a été bien perçue. Celle entre les hauteurs z_B , z_C et les tensions de bascule, ainsi que l'analyse du bilan d'énergie ont recueilli nettement moins de réponses justes.

Effet Doppler et ondes sonores

La partie II.1 s'est révélée très décevante, alors qu'il ne s'agissait que de cinématique élémentaire. Les parties II.2, II.3 et II.4 ont été fréquemment abordées. La question II.5 était assez ouverte et testait la culture du candidat. On n'a vu que très peu de raisonnements sensés.

II.1.2 et II.1.3 - La cause majeure des réponses erronées résidait dans l'oubli de l'instant d'émission t_r du signal dans l'expression de θ_i , avec pour conséquence une expression manifestement fautive de la fréquence $f(v_0) = f_0 c/v_0$.

Parfois, le signal émis par la source en mouvement se déplaçait à vitesse $v+c$ ou $c-v$ par rapport au référentiel lié au milieu de propagation.

II.1.4 et II.1.5 - Très souvent, les candidats ont répété le raisonnement des questions II.1.2 et II.1.3 alors que ce n'était pas justifié.

II.2.2 - Nombreuses confusions entre compressibilité isotherme et isentropique.

II.2.3 - Démonstration de l'équation de d'Alembert souvent confuse. L'écriture des candidats rend délicate la distinction entre les ρ (rho) et les p .

II.3.3 - Cette question avait pour but de justifier que l'équation des ondes s'applique à la vitesse longitudinale d'écoulement pour la question II.3.5. La plupart des candidats ont simplement utilisé la notion d'impédance de la question précédente, ce qui vidait de sa substance cette question. Cela a été compté juste néanmoins.

II.3.4 - Cette question fut rarement traitée de façon correcte.

II.4.3 - Il va de soi que le raisonnement portant sur la combinaison des résultats des questions II.1.4 et II.1.2 n'était validé que si ces questions avaient été auparavant correctement traitées par le candidat.

II.5 - Ces questions ouvertes n'ont vu que peu de réponses pertinentes. Il fallait observer que les résultats des questions II.1.2, II.1.3 d'une part, II.1.4 et II.1.5 d'autre part étaient différents. La propagation de l'onde sonore se faisant dans un milieu matériel, le référentiel lié à celui-ci joue un rôle privilégié. Si l'on souhaite échanger les rôles de la source et de l'observateur par changement de référentiel, il faut modifier en conséquence la vitesse de propagation du signal. Les ondes lumineuses, quant à elles, se propagent dans le vide à vitesse c indépendamment du référentiel d'observation (il est dommage d'ignorer cela après deux ans de prépas) et l'on devrait dans ce cas trouver un résultat identique selon que la source ou l'observateur est au repos. Les expressions obtenues ne s'appliquent donc pas aux ondes lumineuses dans le vide.

4. Conclusion et conseils

Des points de tenue des copies, de qualité du raisonnement et de rédaction seront à nouveau attribués l'année prochaine ; il importe aux candidats d'en tenir compte à l'avenir. Il ne faut pas plaquer une solution toute faite sitôt que l'on mentionne une équation différentielle ou un mécanisme d'oscillation. Le bon sens, la lecture et l'analyse de la question posée sont essentiels. L'énoncé de Physique 1 CCP ne comporte généralement pas de piège et les questions ont toutes leur raison d'être. L'honnêteté et la bonne foi des candidats seront toujours appréciées favorablement.