EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE I

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

Introduction

Le sujet de Physique 1, CCP 2007, était constitué de deux problèmes de taille inégale. Le premier problème comptait 5 questions et contribuait pour 20 points sur un total de 167. Le second problème, découpé en 6 sous-parties très largement indépendantes, comportait 37 questions et contribuait à hauteur de 147 points sur le même total de 167 points.

L'épreuve s'est avérée longue et aucun candidat n'a été en mesure de la terminer. En revanche, de nombreuses questions faciles réparties tout au long de l'épreuve, a permis à la grande majorité des candidats de bien composer. Des questions portant sur des points a priori simples et fondamentaux du programme se sont en fait révélées très discriminantes, à savoir : la poussée d'Archimède, le mouvement du pendule pesant, les lois de la réfraction, l'induction, les filtres linéaires du deuxième ordre. Nous insisterons donc dans ce rapport plus particulièrement sur ces erreurs révélatrices, sans omettre bien sûr les observations relatives à des points plus anecdotiques ou spécifiques de l'épreuve.

Outre sa longueur, on pourra reprocher au sujet l'intitulé de la question II.4.4 dont les termes relatifs à la notion de flux d'énergie associé à une onde sphérique sortante auraient pu être mieux choisis. La dernière question (II.5.9) assez calculatoire ne fait pas l'unanimité. L'auteur du rapport trouve néanmoins qu'elle a été instructive, point sur lequel nous revenons par la suite.

Problème I : Jeux d'eau et de lumière

Sujets abordés : poussée d'archimède, réfraction.

Ce problème a été traité par la grande majorité des candidats, avec des succès divers, allant du tout juste au tout faux.

Formulé comme un jeu ou une énigme, ce problème peut-être résolu sans aucun calcul. A un moment où les mathématiques font régulièrement l'objet de critiques pour soi-disant faire obstacle à la compréhension des sciences physiques en favorisant l'abstraction et le calcul au détriment du raisonnement et de l'intuition physique, ainsi que pour leur traditionnel rôle de sélection dans les filières scientifiques, il nous a semblé intéressant de confronter les candidats de l'option PC à cet énoncé, dont le poids dans le barème est au demeurant modeste.

I.1.1 : Dans les conditions de l'énoncé, la fonte du glaçon ne s'accompagne pas d'une variation de niveau. Ce résultat classique n'est clairement pas connu de tous les candidats. Certains candidats justifient que le niveau d'eau augmente en faisant référence aux prédictions du réchauffement climatique. Rappelons que celui-ci concerne la fonte des calottes polaires, et non celle de la banquise flottante (qui pose bien sûr d'autres problèmes).

I.1.2 : Un petit tiers des candidats trouvent que le niveau d'eau baisse, souvent après calculs. La réponse fautive classique revient à dire que la chute de la pièce dans l'eau fait monter le niveau.

I.2.1 : Beaucoup de réponses justes, mais aussi beaucoup de réponses incorrectes par étourderie (confusion entre l'indice élevé et l'indice faible).

I.3.1 : Un tiers des candidats ne voient pas que l'une des pierres flotte.

I.3.2 : Un bon lot de réponses correctes, en particulier presque tous ceux ayant répondu correctement à II.2.1 et I.3.1.

Problème II : Mesure et étude de la propagation des vibrations sismiques

Sujets abordés : pendule pesant, théorème de l'énergie mécanique et du moment cinétique, force d'inertie d'entraînement, induction et loi de Faraday, analogie électrocinétique-mécanique, filtre passe-bas et passe-bande du deuxième ordre, ondes sonores, réfraction, chemin optique.

Les parties II.1 (pendule pesant), II.4 (ondes sonores) et II.5 (réfraction) ont été traitées par presque tous les candidats. Les parties II.2 (bras horizontal), II.3.1 (induction) ont fait l'objet de tentatives moins nombreuses. La partie II.3.2 (filtre passe-bande) a été boudée.

II.1.1, II.1.2 : Questions généralement bien traitées, mais on voit des vecteurs mal projetés sur la base de coordonnées polaires, et de temps en temps un signe incorrect dans l'équation du pendule $l \ddot{\theta} - g \sin(\theta) = 0$, fatal et inadmissible à ce niveau.

II.1.3 : L'énergie mécanique donne régulièrement lieu à des erreurs, portant généralement sur le signe de l'énergie potentielle de pesanteur. Dire que l'énergie mécanique se conserve est insuffisant, il faut au moins écrire que la dérivée de E_m par rapport au temps est nulle. De nombreuses erreurs de signe auraient pu être évitées si ce calcul, élémentaire, avait été mené jusqu'au bout par tous les candidats.

II.1.4 : Le signe du moment cinétique est faux presque une fois sur deux, alors que la convention d'orientation de l'axe de rotation est clairement exprimée.

II.1.5, II.1.6, II.1.7 : L'erreur la plus commune est d'écrire $\cos(\beta)$ au lieu de $\sin(\beta)$, en guise de facteur d'inclinaison.

II.2.1 : Une majorité de candidats reconnaît le rôle de l'accélération.

II.2.2 : Si une majorité de candidat sait l'expression de la force d'entraînement, seule une minorité parvient à l'exprimer correctement en fonction des données de la question. En particulier, la force d'inertie d'entraînement (qui ici fait osciller le bras) a fréquemment été confondue avec la force d'inertie centrifuge de rotation du bras.

II.2.3 : Question difficile, à cause des problèmes d'orientation et de la présence du rapport de projection $\cos(\theta)$. Il n'est pas précisé à ce stade que l'angle θ est petit. On note aussi la présence du moment du poids dans de nombreuses copies, alors que le bras tourne dans un plan horizontal.

II.2.4 : L'analogie électrocinétique-mécanique a posé beaucoup de problèmes et seule une minorité de candidats est parvenue à une expression correcte de la fonction de transfert.

II.2.5 : Question facile, à condition d'avoir réussi II.2.4. Les diagrammes de Bode sont toutefois souvent incomplets (axes, asymptotes, points caractéristiques).

II.2.6 : Les candidats ont boudé l'application numérique. Peu de réponses correctes, même en ordre de grandeur.

II.3.1.1 : Question de cours. On voit souvent des fem « vectorielles ». Faut-il y voir une confusion avec la notion de champ électromoteur (en principe hors-programme) ou tout simplement un réflexe conditionné par le vocable « force » ?

II.3.1.2 : L'extension du calcul de la fem au cas du circuit carré ne va pas de soi.

II.3.1.3 : Un florilège d'erreurs de signe. Les conventions d'orientation du circuit dans le cadre de l'induction sont floues pour beaucoup de candidats. Seul un quart d'entre eux parvient à trouver le signe correct et un résultat cohérent sur l'ensemble des trois premières questions.

II.3.1.5 : Question technique. Des points ont été donnés aux candidats ayant fait une tentative convaincante de calcul et ayant écrit un résultat aux dimensions homogènes, même si l'expression finale n'était pas la bonne.

II.3.2.1 : Cette question a remporté aussi peu de succès que II.2.4.

II.3.2.2, II.3.2.3, II.3.2.4 : La donnée de la forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre passe-bande d'ordre deux donnait une chance supplémentaire de gagner des points aux candidats n'ayant pas su faire II.3.2.1. Or, peu ont saisi cette opportunité. Les trois régimes libres (apériodique, critique et pseudo-périodique) sont loin de jaillir spontanément de la plume de nos candidats. Dommage... De nombreux schémas faux montrent une courbe associée au régime apériodique ou critique qui change de signe. Les diagrammes de Bode, lorsqu'ils sont là, sont fréquemment incomplets.

II.4.1, II.4.2 : A servi de bouée de sauvetage à ceux des candidats ayant décroché après le pendule pesant ! Si une majorité de candidats écrit l'équation de d'Alembert, la mise en oeuvre d'un Laplacien en coordonnées sphériques ne va pas de soi.

II.4.4, II.4.5 : Questions un peu floues, où parler d'un flux d'énergie en $1/R^2$ ou d'un flux total d'énergie indépendant de la distance à la source, ont été jugés comme des réponses tout aussi valables.

II.5.1 : Beaucoup de candidats oublient de situer le plan de réfraction.

II.5.2 : Le chemin optique donne lieu à des définitions confuses, et il est fréquent d'oublier le signe somme ou intégrale le long du chemin.

II.5.3 : Peu de candidats savent exprimer le sinus de l'angle d'incidence en fonction de la pente (la tangente) dans le cas général d'un angle quelconque. Or, il est évident d'après la figure II.8 que l'angle i n'est pas petit !

II.5.4 : donne lieu à une majorité de bonnes réponses. Tous le monde reconnaît le mirage.

II.5.5, II.5.6 : ont posé beaucoup de problèmes.

II.5.7, II.5.8 : ont été mieux traitées.

II.5.9 : Cette question nécessitait plus d'astuce que de technique. Très peu nombreux sont ceux qui ont su aller au bout du calcul. Les correcteurs ont été témoin d'un festival de calculs foireux visant à torturer sans respect aucun pour les règles de calcul élémentaires, l'expression jusqu'à éventuellement savoir calculer l'intégrale. Rappelons que ce n'est pas parce qu'une racine carrée gêne le calcul d'une intégrale que l'on a le droit de la supprimer sans raison.

Il n'est nullement question de reprocher à un candidat de ne pas reconnaître une primitive. Par contre, il est plus honorable de poser son stylo que d'écrire des absurdités. Apprécier les limites d'un calcul ou la justesse d'un raisonnement devraient faire partie des acquis des futurs ingénieurs.

Conclusion et recommandations

Les erreurs qui ont le plus dérangé les correcteurs et que l'on souhaiterait voir bannies définitivement du concours CCP sont :

- les tracés incorrects de rayons réfractés à la traversée d'un dioptre.
- la méconnaissance du pendule pesant (équation différentielle fautive, énergie potentielle de gravitation incorrecte).
- les fem « vectorielles » et autres confusions entre force et force électromotrice.
- les erreurs de signe dans les fem d'induction, surtout dans des cas élémentaires relevant de l'application directe du cours.
- la méconnaissance des régimes libres d'un oscillateur RLC ou assimilé.

Une majorité de copies sont bien présentées et les résultats clairement mis en évidence. Insistons de nouveau auprès des irréductibles brouillons sur le fait que les réponses doivent être clairement mises en avant (par exemple soulignées), et autant que possible bien numérotées. La correction d'une copie ne doit pas être un jeu de piste pour le correcteur, qui n'est pas tenu de reconstituer un raisonnement à partir de morceaux épars.

Lorsqu'un graphique est demandé au candidat, celui-ci doit veiller à représenter correctement ses axes, et à indiquer sur chacun d'eux la grandeur physique représentée (par exemple x , ou $\log(x)$, *etc.*) et l'unité correspondante si nécessaire (par exemple dB).

L'oubli de l'unité d'un résultat numérique, ou l'usage d'un nombre inapproprié de chiffres significatifs sont des erreurs sanctionnables. Il en est de même des expressions littérales non homogènes.

Les fractions numériques figurant dans un résultat final doivent être simplifiées (par exemple $2/4=1/2$).

Tous les angles ne sont pas petits. Les approximations $\sin(x)=\tan(x)=x$ et $\cos(x)=1$ doivent être justifiées dans le contexte de la question posée.

Concernant les questions plus difficiles, des points peuvent être attribués pour la démarche ou pour des résultats intermédiaires. Le candidat ne doit pas s'autocensurer au prétexte de ne pas être certain du résultat. En revanche, les calculs au petit bonheur, les calculs grossièrement truandés et les expressions non homogènes, qui ne rapportent rien sinon une mauvaise impression du correcteur, ne font qu'encombrer la copie au détriment des questions restantes.