

CCP Physique 1 PC 2007 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Aymeric Spiga (Enseignant-chercheur à l'université) ; il a été relu par Pierre-Marie Billangeon (ESPCI) et Stéphane Ravier (Professeur en CPGE).

Cette épreuve est composée de deux problèmes distincts. Le premier est un court exercice faisant intervenir des notions élémentaires de statique des fluides et d'optique géométrique. Le but est de différencier expérimentalement des pierres de propriétés physiques distinctes. Le deuxième, beaucoup plus long, propose d'aborder plusieurs aspects de la mesure des ondes sismiques.

- Dans la partie II.1, un préliminaire de mécanique du point et du solide montre comment obtenir, à moindre coût, un dispositif similaire à un ressort de torsion de constante de rappel réglable.
- La partie II.2 propose une analyse du comportement fréquentiel d'un sismomètre élémentaire.
- La partie II.3 s'intéresse au sismomètre de Lehman, plus élaboré. L'étude de son capteur électromagnétique, proposée à la question II.3.1, permet d'aborder des notions d'induction magnétique. La question II.3.2 étudie la sensibilité de ce sismomètre au moyen d'une approche similaire à celle adoptée dans la partie II.2.
- La partie II.4 rappelle des résultats classiques sur la propagation d'ondes acoustiques.
- La partie II.5 porte sur les ondes sismiques elles-mêmes, dont la propagation dans le sol peut être caractérisée par analogie avec la propagation des rayons lumineux dans un milieu d'indice de réfraction variable. Une introduction aux méthodes d'inversion en sismologie est proposée en fin de partie.

L'épreuve, bien équilibrée, aborde divers thèmes de physique intégrant des éléments des programmes de PCSI et de PC. Les parties peuvent être traitées indépendamment, même si leur enchaînement obéit à une certaine cohérence. Les questions ne comportent pas de difficultés particulières, et certaines parties sont même très proches de raisonnements effectués en cours. L'épreuve constitue donc un excellent problème de révision, assez long mais très didactique.

INDICATIONS

Problème I

- I.1.1 Comment varie le volume immergé?
- I.2.1 Commencer par énoncer les lois de Snell-Descartes.

Problème II

- II.1.4 La base $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_y)$ est-elle directe?
- II.1.5 Le plan (xOz) est le support du mouvement. Expliquer pourquoi la situation est équivalente à celle des questions précédentes, mais avec une gravité « équivalente » g' plus faible que g .
- II.1.7 Contrairement à ce qui est indiqué dans l'énoncé, la variable θ n'intervient pas dans l'expression de C .
- II.2.1 Le sismomètre détecte le caractère non galiléen du référentiel « socle ». Quel type de mouvement faut-il donc imprimer au socle pour que le référentiel ne soit pas galiléen?
- II.2.4 Mettre la fonction de transfert sous forme canonique.
- II.3.1.1 De quel type de phénomène d'induction s'agit-il? Quelle est la méthode la plus appropriée pour calculer la force électromotrice?
- II.3.1.2 Distinguer le cas où $|x_C| < \ell/2$ de celui où $|x_C| > \ell/2$.
- II.3.1.5 Veiller à l'homogénéité de la formule lors du passage de la somme discrète à l'intégrale.
- II.3.2.1 Quelles sont les différences avec le montage de la partie II.2?
- II.3.2.4 Que devient l'équation différentielle du mouvement lorsque le signal exciteur est coupé? Distinguer les régimes de relaxation à l'aide de l'équation caractéristique.
- II.4.4 Contrairement à ce qu'indique l'énoncé, le résultat ne dépend pas de R .
- II.5.3 Incrire l'angle i dans un triangle rectangle de côtés dz et dx .
- II.5.6 À l'aide de la formule donnée par l'énoncé, écrire la dérivée dz/dx sans faire intervenir x .
- II.5.9 En linéarisant l'intégrande au moyen de l'approximation indiquée, commencer par montrer que l'intégrale est proportionnelle à Δ^2 .

LES CONSEILS DU JURY



Le rapport du jury note pour sa part que « 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 ont 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. »

Les erreurs les plus fréquentes relevées dans le rapport d'épreuve sont les suivantes :

- « Les tracés incorrects de rayons réfractés à la traversée d'un dioptre. »
- « La méconnaissance du pendule pesant (équation différentielle fausse, énergie potentielle de gravitation incorrecte). »
- « Les f.é.m. « 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. »

PROBLÈME I

JEUX D'EAU ET DE LUMIÈRE

I.1 Vérification des niveaux

I.1.1 Le glaçon est soumis à deux forces :

- la force de pesanteur $\vec{P} = \rho_g V_g \vec{g}$;
- la poussée d'Archimède $\vec{\Pi} = -\rho_\ell V_i \vec{g}$, opposée au poids du fluide déplacé (V_i est le volume immergé).

Ce glaçon est à l'équilibre, et le bilan des forces suivant la verticale donne

$$V_i = \frac{\rho_g}{\rho_\ell} V_g$$

Lorsqu'une masse d'eau $\delta m = \rho_g \delta V_g$ fond, la variation du volume immergé est

$$\delta V_i = -\frac{\rho_g}{\rho_\ell} \delta V_g = -\frac{\delta m}{\rho_\ell}$$

Dans le même temps, cette fonte de glace a augmenté le volume d'eau d'une quantité $\delta m / \rho_\ell$, qui correspond exactement à la diminution du volume immergé.

La fonte du glaçon ne s'accompagne d'aucune variation du niveau h .

Récemment, dans certains articles de presse, l'élévation des mers en situation de réchauffement climatique est expliquée par la fonte des banquises. Or, l'application du principe d'Archimède ci-dessus au cas des banquises (glaces immergées, ou glaces de mer) montre que ce raisonnement est erroné. Les banquises sur l'océan ne sont cependant pas équivalentes à des glaçons dans de l'eau, car les glaces de mer sont en général de salinité moins élevée que les océans (donc de masse volumique plus faible). Aussi, la fonte des glaces de mer provoque, en théorie et par ces effets de salinité, une élévation du niveau des océans. En pratique, néanmoins, cette élévation reste marginale.

L'élévation de niveau observée actuellement (une quinzaine de centimètres au cours du XX^e siècle) est plutôt une conséquence de la dilatation des masses océaniques proches de la surface. Les glaces continentales non immergées, comme le Groenland ou l'Antarctique, feraient encore plus significativement augmenter le niveau des mers (de l'ordre du mètre), en cas de fonte partielle sur une échelle temporelle de quelques siècles.

Une bonne source d'information pour en savoir plus sur des problèmes de géophysique est le site <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre>.

I.1.2 Lorsque la pièce de métal de masse $m' = \rho' V'$ tombe dans l'eau, la variation de volume immergé de bois dans l'eau est $\Delta V_i = -m' / \rho_\ell$.

La variation conjointe du volume d'eau est donnée par $V' = m' / \rho' \ll m' / \rho_\ell$ puisque le métal est beaucoup plus dense que l'eau. La diminution de volume immergé ΔV_i n'est dès lors pas compensée par une augmentation significative V' .

Le niveau d'eau h' baisse.

