

ENAC Physique toutes filières 2004 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Stéphane Ravier (Professeur en CPGE) ; il a été relu par Matthieu Rigaut (Professeur en CPGE) et Jean-Julien Fleck (ENS Ulm).

Cette épreuve se compose de cinq exercices indépendants, constitués chacun de six questions qui couvrent une grande partie du programme de première année.

- Le premier traite d'optique géométrique. Cette partie n'est pas très difficile mais elle aborde les miroirs sphériques, ce qui n'est pas courant et peut donc dérouter les candidats.
- On étudie ensuite un circuit électrocinétique simple en régime sinusoïdal forcé. On y applique les lois élémentaires de l'électrocinétique et quelques questions portent sur des calculs de puissance. Notons que dans cette partie, ce sont le plus souvent les résultats numériques qui sont demandés et pas les formules littérales.
- Le troisième exercice est le plus original et le plus difficile des cinq. Autour du thème de la statique des fluides, il fait également appel à des connaissances de mécanique et de thermodynamique. Signalons que l'ordre dans lequel les questions sont posées est un élément de difficulté supplémentaire : pour trouver la solution de la question 13, il est en effet beaucoup plus facile de résoudre au préalable la question 15, puis la question 14.
- L'exercice de thermodynamique aborde le mélange de gaz parfaits. Seules les dernières questions sur le bilan entropique sont peut-être un peu plus délicates.
- Enfin, la dernière partie est une application du cours de mécanique du point matériel. Elle fait intervenir principalement le théorème de l'énergie cinétique, la relation fondamentale de la dynamique et les actions de contact.

Il convient de rappeler les spécificités de cette épreuve. Il s'agit en effet d'un questionnaire à choix multiples pour lequel on doit répondre à 25 questions sur les 30 que contient l'épreuve. Il n'y a aucune justification à donner et, pour certaines questions, le bon sens et quelques idées physiques pertinentes peuvent permettre d'éliminer plusieurs mauvaises réponses. En particulier, analyser l'homogénéité des propositions suffit souvent à en éliminer deux. Ces raisonnements sont explicités dans le corrigé qui suit, en plus d'une solution complète.

INDICATIONS

Optique géométrique

- 3 Utiliser la relation de conjugaison (origine au sommet par exemple) et la formule du grandissement.

Électrocinétique

- 7 Calculer l'impédance \underline{Z}_{AB} du dipôle AB et annuler la partie imaginaire pour trouver L.
- 12 Utiliser le fait que le dipôle AB est équivalent à une résistance R_{eq} .

Statique des fluides

- 13 Commencer par traiter la... question 15, puis la question 14. Appliquer ensuite la relation de la statique des fluides entre deux points bien choisis.
- 14 Faire une hypothèse réaliste sur l'évolution thermodynamique du gaz au cours de la transformation et utiliser l'équation d'état du gaz parfait.
- 15 Traduire l'équilibre mécanique de la cloche.
- 17 Utiliser la poussée d'Archimède et traduire à nouveau l'équilibre mécanique de la cloche.

Thermodynamique

- 22 Pour faire le bilan entropique, décomposer le système en deux sous-systèmes constitués chacun d'un gaz. Établir l'expression de l'entropie de chaque sous-système en fonction de T et P à partir d'une identité thermodynamique.
- 24 La différence avec la question 23 est que les particules sont maintenant indiscernables. Imaginer la situation et constater qu'enlever la paroi ne change rien.

Mécanique

- 25 Utiliser le théorème de l'énergie cinétique.
- 26 Appliquer la relation fondamentale de la dynamique.
- 27 Le contact avec le rail se traduit par une valeur algébrique positive de la réaction du support.
- 30 Après avoir passé le point A, le mobile est en chute libre.

I. OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

1 La vergence est une mesure de la « puissance » d'un système optique. Par définition, dans un milieu d'indice n et pour un miroir sphérique de rayon \overline{SC} , on a

$$V = -\frac{2n}{\overline{SC}}$$

Cette question est problématique. La notion de vergence est au programme mais pas l'expression générale qui fait intervenir l'indice optique du milieu. Certains candidats ont donc pu être déroutés par cette question. Heureusement, bien que ce soit la première question de l'exercice, elle n'est pas « bloquante ».

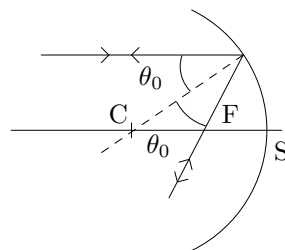
Signalons, dans le cas où l'on tient compte de l'indice optique du milieu, que la relation de conjugaison avec origine au centre s'écrit :

$$\frac{n}{\overline{SA'}} + \frac{n}{\overline{SA}} = \frac{2n}{\overline{SC}} = -V$$



2 Un rayon parallèle à l'axe optique émerge en passant par le foyer image, par définition de ce dernier. Réciproquement, un rayon incident passant par le foyer objet émerge parallèlement à l'axe optique. Pour un miroir sphérique, ces deux foyers sont confondus et sont situés au milieu du segment [SC].

Si on ne se souvient plus de la localisation des foyers, on peut faire une construction géométrique pour se convaincre qu'un rayon parallèle à l'axe optique passe nécessairement entre S et C. Voici un tel dessin dans le cas d'un miroir concave. Précisons que ce simple schéma permet de trouver la bonne réponse : en effet, par application immédiate du retour inverse de la lumière, on conclut sans difficulté que F et F' sont confondus et situés entre S et C : dès lors, seule la réponse C peut convenir.



Soulignons que la position des foyers est indépendante de l'indice optique du milieu dans le cas des miroirs. C'est naturel puisque les lois de Snell-Descartes relatives à la réflexion n'en dépendent pas non plus.



3 Pour un miroir sphérique et l'orientation des valeurs algébriques choisie (dans le sens de propagation de la lumière incidente), la relation de conjugaison avec origine au sommet se met sous la forme

$$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}} = -V$$

où A' est l'image d'un point de l'axe optique A . Par ailleurs, le grandissement G s'écrit

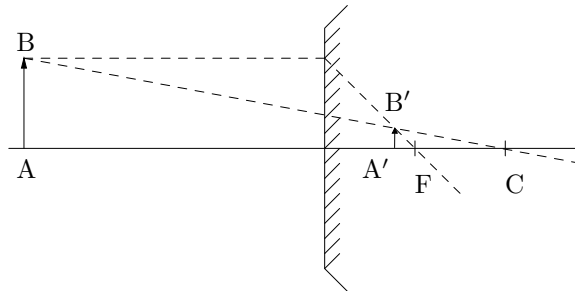
$$G = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$$

pour un objet \overline{AB} orthogonal à l'axe optique. Ainsi, pour une image droite, G est positif et pour une image réduite, $|G| < 1$. Pour un objet situé à 10 m du sommet dont on forme une image droite réduite d'un facteur 5, on a donc

$$\overline{SA} = -10 \text{ m} \quad \text{et} \quad G = \frac{1}{5}$$

Il vient alors

$$V = -\frac{1}{\overline{SA}} \left(1 - \frac{1}{G} \right) = -0,4 \delta$$



La deuxième égalité pour exprimer G provient d'une application du théorème de Thalès.

Tracer le schéma permettait en pratique de mieux cerner la réponse. En effet, si on suppose (hypothèse raisonnable) que le miroir n'a pas plus de 10 m de focale, alors l'objet est nécessairement à gauche du centre optique (que le miroir soit convergent ou divergent). Il ne reste alors qu'à « tester » le cas de chaque miroir pour se convaincre que seul le miroir divergent donne une image droite et réduite. Avec ce schéma tracé rapidement, seules les propositions A et B subsistent.

4 La vergence de ce miroir est négative, ce qui implique que

- le miroir est divergent ;
- $\overline{SC} > 0$, donc que le miroir est convexe.

