

# Mines Physique et Chimie toutes filières 2005

## Corrigé

Ce corrigé est proposé par Georges Rolland (Professeur en CPGE) et Delphine Ruel (ENS Ulm) ; il a été relu par Olivier Frantz (Professeur agrégé), Alexandre Hérault (Professeur en CPGE), Benoît Lobry (Professeur en CPGE) et Mickaël Profeta (Professeur agrégé).

---

La partie de physique aborde une très large partie du programme de première année : optique géométrique, électrocinétique, mécanique du point et thermodynamique. Les quatre parties sont proches du cours et en constituent une bonne révision.

- Le problème d'optique traite uniquement du miroir sphérique et de son application dans le télescope de Cassegrain. Les questions restent très classiques.
- On étudie ensuite un circuit RLC en régime libre, ce qui permet d'aborder les régimes transitoires en électrocinétique et les bilans d'énergie. Cette partie est également très proche du cours.
- Le problème de mécanique est relatif à une station spatiale en orbite autour de la Terre. Les questions 15 à 20 du sujet sont extrêmement classiques, seule la fin du problème s'écarte quelque peu des sentiers battus.
- La partie D étudie une pompe à chaleur et reste elle aussi une application directe du cours de thermodynamique. Signalons une question délicate relative à la création d'entropie lors du fonctionnement de la machine.

L'ensemble est d'une difficulté raisonnable avec des questions progressives qui permettent souvent de vérifier la vraisemblance des résultats obtenus précédemment. Il exige du candidat une bonne connaissance et compréhension du cours, ainsi que de la rigueur pour mener à bien quelques calculs et rédiger clairement les raisonnements ; un élève sérieux ne devrait pas rencontrer de difficultés majeures dans ce sujet.

Le problème de chimie aborde différents aspects de la chimie des oxydes d'azote ; il est composé de quatre parties totalement indépendantes.

- La première partie étudie les structures électroniques de quelques molécules. Elle requiert de maîtriser l'écriture des formules de Lewis, ainsi que la notion de moment dipolaire.
- La deuxième aborde des questions de chimie des solutions. On y étudie l'équilibre acido-basique du couple acide nitreux/ion nitrite ainsi que l'équilibre de dismutation du dioxyde d'azote en présence d'eau. Il faut bien connaître le cours sur les réactions acido-basiques, ainsi que celui sur l'oxydo-réduction.
- La troisième traite de la cinétique de décomposition du tétroxyde d'azote. Il faut savoir écrire les équations correspondant à une cinétique d'ordre 1 et savoir appliquer l'approximation de l'état quasi-stationnaire (AEQS).
- Enfin, la quatrième aborde des aspects de thermochimie concernant le monoxyde d'azote. Une connaissance rigoureuse des lois de Kirchhoff et de Hess est requise.

Globalement, cette partie est d'une difficulté moyenne. Les questions restent relativement proches du cours, et guident bien dans l'avancée du problème.

## INDICATIONS

## Problèmes de Physique

- 3 Refaire un dessin en faisant apparaître un rayon quelconque issu de A se réfléchissant vers A'.
- 6 Faire un dessin et n'utiliser dans les calculs que des grandeurs positives pour éviter les erreurs de signes dans les grandeurs algébriques.  
Ne conserver des deux solutions trouvées mathématiquement que celle qui a un sens physique.
- 11 Ne pas essayer de brûler les étapes : commencer par étudier l'équation sans second membre, puis l'équation complète et vérifier finalement que la solution trouvée satisfait bien les conditions initiales imposées.
- 14 Déterminer la valeur de l'intégrale  $\int_0^{+\infty} \sin \omega t e^{-\gamma t} dt$ , soit par une intégration par parties, soit en l'identifiant à la partie imaginaire de  $\int_0^{+\infty} e^{(-\gamma+i\omega)t} dt$ .
- 22 Introduire  $\vec{R}' = \vec{R} + \vec{r}$  avant d'appliquer le cours.
- 26 Ne pas oublier les conditions initiales dans l'intégration des équations différentielles du mouvement.
- 29 Bien comprendre le caractère économique de l'efficacité.  
Attention aux signes : une grandeur reçue par le fluide est comptée positivement.
- 32 Faire un bilan d'entropie sur le fluide sur un cycle de la machine. Quelles sont la variation d'entropie, l'entropie reçue, l'entropie créée ?

## Problème de chimie

- 35 Utiliser le fait que l'azote possède cinq électrons de valence.
- 36 Calculer le moment dipolaire pour les formules mésomères données et le comparer à celui donné dans l'énoncé.
- 37 Se souvenir que  $n_{\text{ox}}(\text{O}) = -\text{II}$  et  $n_{\text{ox}}(\text{H}) = +\text{I}$ .
- 39 La limite des domaines correspond au pKa du couple.
- 40 Écrire les réactions prépondérantes avant et après l'équivalence et appliquer la loi de Kohlrausch :  $\sigma = \sum_i \lambda_i^* c_i |z_i|$ .
- 42 Écrire la demi-équation électronique du couple  $\text{NO}_2^-_{(\text{aq})}/\text{NO}_{2(\text{g})}$ . Faire une combinaison linéaire des équations rédox pour obtenir l'équation demandée.  $K^\circ$  se déduit des lois de Nernst des deux couples. Attention aux expressions des activités des gaz et des solutés.
- 43 Les ions  $\text{H}^+$  étant produits uniquement par la réaction de dismutation du dioxyde d'azote, en déduire son avancement et les concentrations des ions nitrite et nitrate.
- 44 Penser à la loi cinétique de Van't Hoff. Supposer que la cinétique est d'ordre 1.
- 45 La vitesse d'apparition de  $\text{N}_2\text{O}_4^*$ ,  $d[\text{N}_2\text{O}_4^*]/dt$ , doit tenir compte des trois réactions.
- 47 La pression est reliée à  $[M]$ . Comparer  $k_1$  et  $k_{-2} [M]$ .
- 49 Utiliser le signe de l'enthalpie standard de réaction.
- 50 Calculer  $\Delta_r C_{p,m}^\circ$ .
- 51 L'enthalpie standard de formation du dioxygène est nulle par définition.

## PROBLÈME DE PHYSIQUE

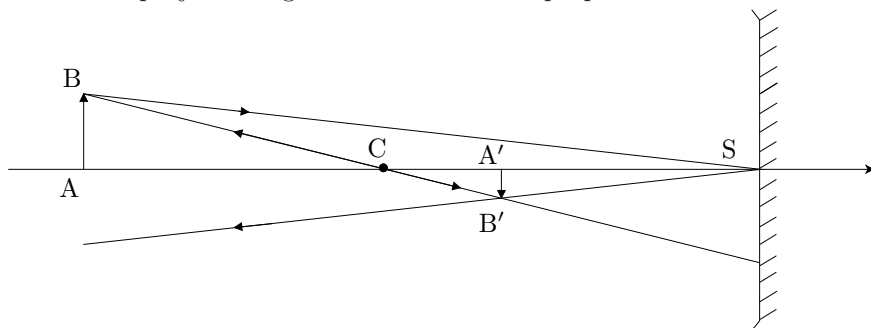
### A. OPTIQUE

**1** Un système centré est stigmatique pour un couple de points  $A$  et  $A'$  si tout rayon passant par  $A$ , virtuel ou réel, émerge du système en passant par  $A'$ .

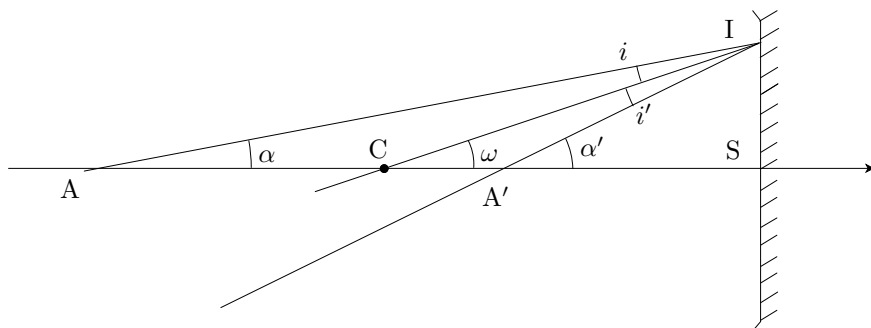
Il est aplanétique si, pour tout objet  $AB$  plan et perpendiculaire à l'axe optique, son image  $A'B'$  est plane et perpendiculaire à l'axe optique.

**2** Le rayon passant par  $C$ , centre du miroir, rencontre perpendiculairement la surface du miroir ; il est réfléchi sans être dévié et repasse par  $C$ . Le rayon incident en  $S$ , sommet du miroir, est réfléchi symétriquement par rapport à l'axe optique (le miroir sphérique est localement équivalent en  $S$  à un miroir plan vertical).

Le stigmatisme et l'aplanétisme approchés du système dans les conditions de Gauss impliquent respectivement que  $B'$  est l'intersection de ces deux rayons réfléchis et que  $A'$  est le projeté orthogonal de  $B'$  sur l'axe optique.



**3** Traçons le rayon supplémentaire  $AIA'$  se réfléchissant en  $I$  sur le miroir :



Pour des rayons paraxiaux, tous les angles représentés sont faibles, on peut donc assimiler les angles à leurs tangentes ( $\tan \theta \simeq \theta$ ).

Dans le triangle  $IAC$ ,  $\alpha + i + \pi - \omega = \pi$  donc  $i = \omega - \alpha$ . De même, dans le triangle  $A'IC$ ,  $\pi - \alpha' + i' + \omega = \pi$  donc  $i' = \alpha' - \omega$ . D'après la loi de la réflexion,  $i' = i$ ; on en déduit  $2\omega = \alpha + \alpha'$ .

Comme  $\tan \omega \simeq \omega = \frac{\overline{SI}}{\overline{CS}}$ ,  $\tan \alpha \simeq \alpha = \frac{\overline{SI}}{\overline{AS}}$  et  $\tan \alpha' \simeq \alpha' = \frac{\overline{SI}}{\overline{A'S}}$ ,

il vient 
$$2 \frac{\overline{SI}}{\overline{CS}} = \frac{\overline{SI}}{\overline{AS}} + \frac{\overline{SI}}{\overline{A'S}}$$

On obtient finalement la formule de conjugaison de Descartes :

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

4 F' est par définition l'image de A à l'infini sur l'axe :  $\overline{SA} = -\infty$ . En remplaçant dans la formule de conjugaison, on obtient

$$\frac{1}{-\infty} + \frac{1}{\overline{SF'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

d'où

$$\boxed{\overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

De même, F est l'antécédent de A' à l'infini :  $\overline{SA'} = -\infty$ . On obtient maintenant dans la formule de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{SF}} + \frac{1}{-\infty} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

soit

$$\boxed{\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

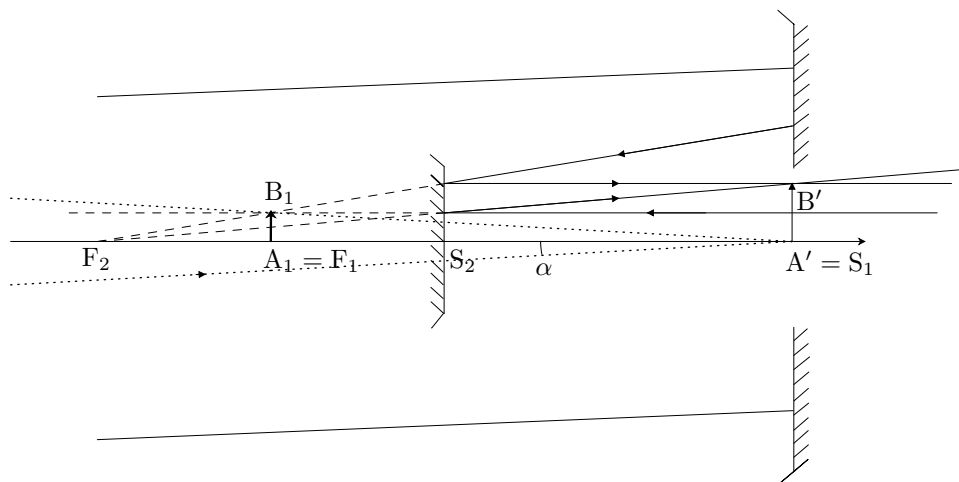
Les deux foyers objet et image sont confondus et situés au milieu du segment [SC].

5 A est à l'infini, donc son image intermédiaire A<sub>1</sub> par M<sub>1</sub> est en F<sub>1</sub>. Le rayon virtuel issu de B arrivant en S<sub>1</sub> se réfléchit symétriquement par rapport à l'axe optique. L'intersection de ce rayon réfléchi avec le plan perpendiculaire à l'axe en A<sub>1</sub> définit B<sub>1</sub>.

On construit l'image finale A'B' en traçant :

- le rayon incident passant par F<sub>2</sub> et B<sub>1</sub> qui se réfléchit parallèlement à l'axe,
- le rayon incident passant par B<sub>1</sub> parallèlement à l'axe, il est réfléchi en passant par F'<sub>2</sub> = F<sub>2</sub>.

B' est à l'intersection de ces deux rayons.



On constate sur le dessin que A' est confondu avec S<sub>1</sub>.

L'énoncé donnait une indication de la réponse : « ... une image finale située au voisinage de S<sub>1</sub> ».