

Mines Physique et Chimie toutes filières — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Arnaud Gossart (professeur en CPGE), Christophe Lepage (doctorant en mécanique des fluides) et Nicolas Agenet (ENS Ulm) ; il a été relu par Benoît Lobry (professeur en CPGE), Mickaël Profeta (ENS Cachan), Jean-Julien Fleck (ENS Ulm) et Alexandre Hérault (ENS Cachan).

Les trois problèmes de **physique**, indépendants, ont pour thème « analogies et différences ». L'ensemble est long, mais les questions restent globalement proches du cours. Signalons toutefois que l'énoncé présente des imprécisions qui peuvent perturber le candidat.

- Le premier problème aborde la mécanique du point matériel, grâce à l'étude d'une masse reliée à un ressort et en mouvement dans un plan horizontal. Elle se fait d'abord dans un référentiel galiléen et utilise notamment des notions liées aux mouvements à force centrale. Dans la deuxième partie, classique et plus facile, l'étude est faite dans un référentiel non galiléen.
- Dans le deuxième problème, la première partie, d'électrocinétique, porte sur les régimes transitoires. On y étudie à l'oscilloscope la charge à travers une résistance d'un condensateur soumis à un échelon de tension. Son originalité est de tenir compte de la résistance interne du G.B.F. Dans la seconde partie, de thermodynamique, il faut essentiellement savoir écrire correctement un bilan de conservation de l'énergie sur un intervalle de temps. Elle se clôt par des calculs simples de variation d'entropie.
- Le troisième problème concerne l'électromagnétisme et compare des champs électrostatique et magnétostatique créés respectivement par une spire circulaire uniformément chargée et par une spire parcourue par un courant permanent. L'ensemble est classique ; le point délicat porte sur la détermination des champs à proximité des axes. Cette partie exige une bonne maîtrise du calcul direct de champs et de l'analyse des symétries de la distribution. Il faut aussi bien exploiter les cartes de champ fournies par l'énoncé.

La partie de **chimie** de ce sujet s'intéresse à l'ammoniac. Elle est divisée en quatre parties très largement indépendantes.

- Tout d'abord du point de vue structural, on s'intéresse à la géométrie de l'ammoniac et de différents oxydes apparentés.
- Ensuite on étudie les propriétés acido-basiques de l'ammoniac en solution. C'est l'occasion d'utiliser un dosage par conductimétrie.
- Puis ce sont les propriétés de complexation de l'ion cuivrique Cu^{2+} qui sont abordées : on construit un diagramme de prédominance dont on se sert pour déterminer les espèces majoritaires en solution. On étudie alors une pile de concentration.
- Enfin, dans la dernière partie, on s'intéresse à la thermochimie du procédé industriel de fabrication de l'ammoniac et à la cinétique de son oxydation.

Indications**Problèmes de physique**

- A.1 Appliquer le théorème du moment cinétique en remarquant que le point matériel est soumis à une résultante de forces centrale.
- A.2.2 Appliquer le principe fondamental de la dynamique ou exploiter la conservation de l'énergie mécanique.
- A.3.4 Exploiter graphiquement le fait que $E_m > E_{\text{eff}}(r)$.
- A.3.5 Raisonner par l'absurde en évaluant alors le moment cinétique.
- A.3.6 Même indication qu'à la question A.3.5.
- A.4.1 Utiliser l'expression du moment cinétique.
- A.4.2 Projeter le principe fondamental de la dynamique dans la base de Frenet. Attention, le résultat fait intervenir également la masse m , contrairement à ce que dit l'énoncé (ceci pour une simple raison d'homogénéité!).
- B.2 Montrer que l'on peut écrire $\vec{f}_{ie} = -\text{grad} \left(E_{p_{f_{ie}}} \right)$.
- B.3 Remarquer que le travail dans R' de la force d'inertie de Coriolis est nul.
- C.1 Exploiter la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur, puis dessiner le circuit électrique équivalent à $t = 0^+$.
- C.4 Résoudre l'équation différentielle de la question C.2.
- C.7 Se souvenir qu'en mode AC, un filtrage passe-haut supprime les composantes sinusoïdales basse fréquence.
- C.8 Exploiter le circuit électrique équivalent à $t = 0^+$.
- C.9 Utiliser l'expression de t_1 établie à la question C.5. Pour lire la valeur de E , il faut faire une hypothèse sur le placement de la référence 0 V des courbes (l'énoncé n'étant pas clair à ce sujet...).
- C.10 Minorer la demi-période du signal carré.
- D.1 Exploiter le fait que la transformation est isobare.
- D.2 Utiliser le fait que la puissance dissipée par un dipôle électrique est $U \times I$ (en convention récepteur).
- D.5 Utiliser le fait que S est une fonction d'état en imaginant une transformation réversible amenant les corps du même état initial au même état final. Noter que la transformation considérée est irréversible.
- E.1.2 Utiliser le fait que le plan contenant la spire est un plan de symétrie.
- E.1.3 Projeter suivant (Oz) la relation vectorielle définissant par sommation le champ total en M .
- E.2.3 Utiliser le théorème de Gauss. Se souvenir du lien entre la circulation de \vec{E} et le potentiel électrostatique.

- E.2.5.4 Exploiter la relation $\vec{E} = -\vec{\text{grad}} V$ ainsi que les propriétés du champ $\vec{\text{grad}} V$.
- F.1.2 Utiliser le fait que le plan contenant la spire est un plan de symétrie.
- F.1.3 Définir le champ résultant à partir de la loi de Biot et Savart puis projeter suivant (Oz) en s'aidant d'un dessin.
- F.2.5 Utiliser le théorème d'Ampère.

Problème de chimie

- I.4 Penser à la possibilité d'hypervalence.
- II.1 Calculer la constante d'équilibre de la réaction.
- II.2 Raisonner sur les différents ions introduits ou qui se forment en solution.
- III.3.1 Utiliser le diagramme de prédominance et calculer pNH_3 .
- III.4.3 On a une oxydation à l'anode et une réduction à la cathode.
- IV.1 Utiliser la loi de Hess.
- IV.2 Utiliser la relation de Kirchhoff.
- IV.4.3 Il faut corriger l'énoncé, la constante de la deuxième réaction est k_2 . Utiliser l'approximation de l'équilibre rapide.

Problèmes de physique

Analogies et différences

Physique I. Étude d'un ressort dans deux référentiels

A. Étude dans le référentiel R du laboratoire

A.1 Les forces appliquées sur M sont :

- le poids \vec{P} dirigé suivant (Oz) ;
- la réaction \vec{N} du plan horizontal, dirigée suivant (Oz) puisqu'il n'y a pas de frottement ;
- la tension élastique \vec{T} exercée par le ressort.

Pour montrer qu'il y a conservation du moment cinétique \vec{L}_0 par rapport à O, il suffit de montrer que la résultante des forces \vec{F} est constamment dirigée vers O (donc que le mouvement est à force centrale).

Le principe fondamental de la dynamique, appliqué au point M, s'écrit

$$m \vec{a} = \vec{P} + \vec{N} + \vec{T}$$

Le mouvement ayant lieu dans le plan (Oxy) , l'accélération \vec{a} n'a pas de composante suivant (Oz) . En projection suivant (Oz) , on obtient donc

$$\vec{N} + \vec{P} = \vec{0}$$

Ainsi $\vec{F} = \vec{T}$ est colinéaire au ressort, donc constamment dirigée vers O.

La conservation du moment cinétique par un mouvement à force centrale est liée à l'application du théorème du moment cinétique :

$$\left(\frac{d\vec{L}_0}{dt} \right)_R = \overrightarrow{\mathcal{M}}_O(\vec{F})$$

moment par rapport à O de la résultante des forces \vec{F} appliquées.

$$\overrightarrow{\mathcal{M}}_O(\vec{F}) = \overrightarrow{OM} \wedge \vec{F} = \vec{0}$$

lorsque \vec{F} et \overrightarrow{OM} sont colinéaires.

A.2.1 \vec{L}_0 étant une constante, on peut l'évaluer à l'instant initial :

$$\vec{L}_0(0) = \overrightarrow{OM}(0) \wedge m \vec{v}(0)$$

Comme $\vec{v}(0) = \vec{0}$

on obtient

$$\boxed{\vec{L}_0 = \vec{0}}$$