Mines Physique et Chimie toutes filières 2008 Corrigé

Ce corrigé est proposé par Julien Dumont (Professeur en CPGE) ; il a été relu par Olivier Arnoult (Professeur en CPGE) et Stéphane Ravier (Professeur en CPGE).

Le sujet de physique est composé de parties complètement indépendantes abordant différents thèmes du programme : une partie d'électrocinétique portant sur les bases de ce domaine ; une de mécanique centrée sur le programme de la première période et abordant l'essentiel des questions touchant aux phénomènes oscillatoires ; une de thermodynamique. Cette dernière est la plus intéressante. Elle propose notamment de déterminer expérimentalement une chaleur latente de vaporisation avec un calorimètre imparfait.

Le sujet est largement abordable à la période de l'année où se déroule le concours, mais nécessite d'avoir solidement révisé le programme de la première période et d'avoir pris du recul sur celui de thermodynamique. Il est long et demande d'être vraiment au point dans les différents domaines abordés.

Le sujet de chimie est également découpé en trois parties, autour du thème commun du fer et de ses ions. La première, comme il est désormais classique dans ce concours, aborde les aspects atomistiques de l'élément étudié, avec quelques questions originales qui peuvent facilement désarçonner un candidat. La deuxième partie traite de l'oxydoréduction et de son utilisation dans un dosage, à travers des questions très proches du cours et des travaux pratiques. Enfin, la dernière partie étudie la cinétique d'une autre réaction d'oxydoréduction à l'aide d'une méthode différentielle.

Cette partie de chimie permet de réviser l'essentiel des notions à connaître dans ces trois parties du programme, et constitue un bon sujet d'entraînement et de révision, même s'il est un peu court.

Indications

Physique

A.1.5 Quelle grandeur est continue ? En déduire, à l'aide des questions précédentes, l'intensité $i_\ell(t=0^+)$ et la tension $u(t=0^+)$.

A.2.1 Faire un petit dessin pour trouver la réponse !

A.2.4 Faire le dessin du circuit équivalent aux basses fréquences.

B.1.5 À quelle condition a-t-on des oscillations pour un système du second ordre ?

B.2.3 L'énoncé comporte une erreur qui peut être levée puisque l'on sait que n est un entier.

B.2.4 Utiliser l'expression obtenue au B.2.2 pour donner l'expression faisant apparaître x_e.

B.2.5 La question est bizarrement posée, mais il suffit de calculer la dérivée seconde de l'expression calculée auparavant.

C.2.6 Question courte et pourtant la plus difficile du sujet : il faut bien définir le système, et ne pas oublier le thermostat. Faire alors un bilan entropique, calculer les variations d'entropies du solide, du gaz et de la source, et conclure.

Chimie

D.3 Pour quelle raison le rayon de l'atome serait-il plus ou moins grand que celui de l'ion ?

E.2 Pour cette question, et la suivante, il faut exprimer les potentiels relatifs aux deux couples mis en jeu, et utiliser le fait qu'ils sont égaux à l'équilibre. Évaluer alors la somme ou la différence de ces deux potentiels.

E.5 Écrire la réaction parasite et exprimer sa constante de réaction. Évaluer alors E′ grâce à la formule de Nernst.

F.3 Écrire les nouvelles concentrations après dilution et conclure en considérant la loi de vitesse.

F.4 Tracer une droite à partir des données pour estimer la valeur de $\left(\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)_0$.

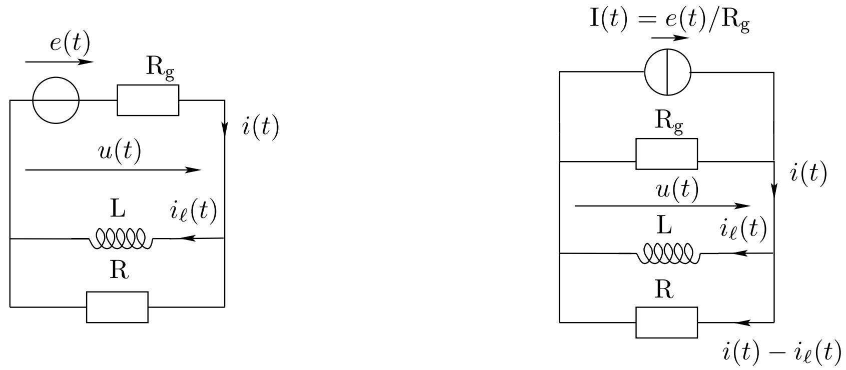
F.6 La meilleure méthode est celle qui exploite le plus grand nombre de données, on peut utiliser $[\mathrm{Fe}^{3+}]_0{[\mathrm{I}^-]_0}^2$.

Physique

A. Électrocinétique : circuits et mesures

A.1 Modélisation linéaire d'un circuit

A.1.1 Le générateur de Norton équivalent au générateur de Thévenin proposé est la mise en parallèle d'une source de courant dont le courant électromoteur vaut $\mathrm{I}(t) = e(t)/\mathrm{R_g}$, orientée « dans le même sens que la source de tension de Thévenin » avec la même résistance interne $\mathrm{R_g}$.



A.1.2 On évalue la tension $u(t)$ en écrivant celle-ci pour chacune des trois branches :

$$\boxed{u(t) = e(t) - \mathrm{R_g}\, i(t) = \mathrm{L}\,\frac{\mathrm{d}i_\ell}{\mathrm{d}t}(t) = \mathrm{R}\,[\,i(t) - i_\ell(t)\,]}$$

A.1.3 La tension constante est établie depuis un temps infini : le régime permanent est donc atteint et les valeurs des différents courants et tensions sont constants ; on peut écrire a priori $i(t=0^-) = \mathrm{I}$ et $i_\ell(t=0^-) = \mathrm{I}_\ell$. Par conséquent, grâce aux relations précédentes, on peut écrire successivement

$$u(t=0^-) = \mathrm{L}\,\frac{\mathrm{d}i_\ell}{\mathrm{d}t}(t=0^-) = \mathrm{L}\,\frac{\mathrm{dI}_\ell}{\mathrm{d}t} = 0$$

soit

$$\boxed{u(t=0^-) = 0}$$

Ainsi,

$$0 = \mathrm{R}\,(\mathrm{I} - \mathrm{I}_\ell)$$

d'où l'on tire

$$i(t=0^-) = i_\ell(t=0^-)$$

et enfin

$$e(t=0^-) - \mathrm{R_g} i(t=0^-) = \mathrm{E} - \mathrm{R_g}\,\mathrm{I} = 0$$

par conséquent

$$\boxed{i(t=0^-) = i_\ell(t=0^-) = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{R_g}}}$$

> On retrouve le fait que la bobine est équivalente à un fil en régime continu.

A.1.4 Puisque $e(t) = 0$, les relations de la question A.1.2 conduisent à

$$u(t) = -\mathrm{R_g}\, i(t) = \mathrm{L}\,\frac{\mathrm{d}i_\ell(t)}{\mathrm{d}t} = \mathrm{R}\,[\, i(t) - i_\ell(t)\,]$$

Les deuxième et quatrième termes permettent d'écrire

$$i_\ell(t) = \frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}}\, i(t)$$

soit
$$\mathrm{L}\,\frac{\mathrm{d}i_\ell(t)}{\mathrm{d}t} = \mathrm{L}\,\frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}}\,\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$$

et puisque $i(t) = -\dfrac{u(t)}{\mathrm{R_g}}$,
$$u(t) = -\mathrm{L}\,\frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}\mathrm{R_g}}\,\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}$$

autrement dit
$$\boxed{\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t} + \frac{\mathrm{R}\mathrm{R_g}}{\mathrm{L}(\mathrm{R}+\mathrm{R_g})}u(t) = 0}$$

> On peut également directement écrire que l'on a un diviseur de courant.

C'est une équation différentielle du premier ordre de constante de temps

$$\boxed{\tau = \mathrm{L}\,\frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}\mathrm{R_g}}}$$

> On peut remarquer qu'on obtient la même constante de temps qu'un circuit R-L dans lequel la résistance mise en jeu est constituée par celle obtenue lors de la mise en parallèle de R et $\mathrm{R_g}$. On pouvait également simplifier ce circuit par équivalence de Thévenin et Norton pour parvenir à ce résultat.

A.1.5 La puissance délivrée par l'inductance est une grandeur continue et vaut

$$\mathrm{P_i}(t) = u(t) \times i_\ell(t) = \mathrm{L}\frac{\mathrm{d}i_\ell(t)}{\mathrm{d}t} \times i_\ell(t)$$

Par conséquent, cette puissance est continue si l'intensité l'est également, de sorte qu'on peut affirmer que $i_\ell(t = 0^-) = i_\ell(t = 0^+) = \mathrm{E}/\mathrm{R_g}$. La question précédente a permis d'établir successivement que

$$i_\ell(t) = \frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}}\, i(t) \qquad \text{et} \qquad i(t) = -\frac{u(t)}{\mathrm{R_g}}$$

soit
$$i_\ell(t) = -\frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}\mathrm{R_g}}\, u(t)$$

et en $t = 0^+$
$$i_\ell(t = 0^+) = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{R_g}} = -\frac{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}{\mathrm{R}\mathrm{R_g}}\, u(t = 0^+)$$

soit finalement
$$\boxed{u(t = 0^+) = -\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{R}+\mathrm{R_g}}\,\mathrm{E}}$$