

CCP Physique 2 PSI 2006 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Mickaël Profeta (Professeur en CPGE) et Georges Roland (Professeur agrégé) ; il a été relu par Sandrine Brice-Profeta (Professeur agrégé en école d'ingénieurs), Hicham Qasmi (ENS Lyon), Alexandre Hérault (Professeur en CPGE) et Emmanuel Loyer (Professeur en CPGE).

- Le problème de chimie, composé de deux parties, traite de la corrosion et de la protection des armatures en fer du béton armé. Dans un premier temps, on étudie la structure électronique de la silice et de la chaux. On s'intéresse ensuite aux polymorphes de la silice et à leur solubilité. La préparation de la chaux à partir du calcaire est alors décrite au moyen de données thermodynamiques. L'influence des silicates et de la chaux sur le pH d'une solution aqueuse permet d'avoir une idée du pH dans les pores d'un béton et en particulier à proximité des armatures en fer. La dernière partie du problème de chimie s'intéresse à la corrosion du fer au moyen du diagramme potentiel-pH de l'élément. On étudie l'influence du pH et la possibilité de formation d'une couche passive. En fin de problème, des solutions électrochimiques sont proposées pour protéger le fer de l'oxydation. Ce problème de longueur raisonnable alterne des questions de cours ou simples avec des questions de réflexion plus délicates. Il est donc important de bien lire tout le problème afin de ne pas rester bloqué sur les questions moins classiques, la plupart des questions étant indépendantes.
- Le problème de physique de ce sujet se compose de trois parties totalement indépendantes qui traitent de l'émission et de la propagation du son créé par des haut-parleurs. La première partie consiste en la modélisation électromécanique du haut-parleur et introduit la notion d'impédance motionnelle. Très proche du cours, elle exige du candidat, peu guidé par les questions, une bonne assimilation de celui-ci. Le début de la deuxième partie est lui aussi très proche du cours sur les ondes sonores et la propagation des ondes planes ; la sous-partie C est, quant à elle, plus calculatoire. La dernière partie fait appel aux notions d'optique ondulatoire, appliquées ici aux ondes sonores. Là aussi, une maîtrise des résultats de cours est indispensable à la résolution des questions proposées.

L'ensemble, s'il ne comprend que peu de questions difficiles et reste de longueur raisonnable, peut se révéler très délicat pour qui ne maîtrise pas son cours : peu d'indications et de résultats sont fournis par l'énoncé, ce qui rend le grappillage de points très aléatoire.

INDICATIONS

Chimie

- 3 Dans une même colonne les éléments ont la même configuration électronique de valence, seule la valeur de n change.
- 6 Faire un cycle thermodynamique entre la cristobalite, le quartz et la silice dissoute.
- 8 La pente de la courbe est liée à l'entropie standard de réaction.
- 9 Il y a un changement d'état à cette température.
- 10 Écrire un équilibre faisant intervenir les trois composés. À l'équilibre l'enthalpie libre de réaction est nulle.
- 15 Pour une solution très diluée, on peut faire l'hypothèse que la réaction est très avancée.
- 19 Placer la courbe représentative du couple O_2/H_2O sur le diagramme du fer.
- 22 Il faut imposer un potentiel dans le domaine de stabilité du fer.
- 23 On peut réaliser une réduction du dioxygène dissout dans l'eau.

Physique

- I.1 Calculer la résultante des forces de Laplace par intégration sur la longueur du fil de la force élémentaire $d\vec{F} = i d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$.
- I.2 Établir l'expression de la force électromotrice induite par le mouvement de la bobine à partir de la circulation du champ électromoteur $\vec{E}_m = \vec{v} \wedge \vec{B}$, calculée sur la longueur du fil.
- I.4 L_m , C_m , R_m sont associés en parallèle, on peut utiliser l'admittance équivalente pour ne pas se perdre dans les calculs.
- II.A.2.b Linéariser les équations $[E_1]$, $[E_2]$ et $[E_3]$.
- II.A.3.a Dériver $[E_4]$ par rapport à x , $[E_5]$ par rapport à t .
- II.A.3.c Exprimer la dépendance en température de la masse volumique de l'air, considéré comme un gaz parfait.
- II.B.1.a Comment l'air se déplace-t-il ?
- II.B.2.a Injecter l'expression de $\underline{p}(x)$ dans l'équation de propagation.
- II.B.2.b Écrire par exemple l'équation d'Euler en notation complexe.
- II.B.3.a On pourra penser au flux de \vec{R} , ou calculer son unité.
- II.C.2 Reconnaître dans $d\underline{p}(x)$ l'expression facilement intégrable $u'(r)e^{u(r)}dr$.
- II.C.3.a Effectuer deux développements limités successifs, de $\sqrt{x^2 + a^2}$ d'abord, puis de l'exponentielle complexe obtenue.
- III.A.1 Appliquer la formule de cours concernant la taille angulaire du maximum de diffraction par une ouverture circulaire.
- III.A.3 Utiliser la question précédente.
- III.B.1.b Utiliser la question précédente.
- III.B.1.c Reconnaître la somme d'une série géométrique.
- III.B.2.a Calculer $\underline{s}, \underline{s}^*$ et revenir aux valeurs réelles ; évaluer directement $\underline{s}(\theta = 0)$ pour accéder à l'intensité I_0 .
- III.B.4 Le son perçu par l'auditeur comprend en général plusieurs fréquences.
- III.B.5.a Utiliser la question B.3.a.

LES CONSEILS DU JURY



La partie I a déçu le jury, des questions classiques posant souvent problème : « Le peu de candidats qui connaissaient bien leurs cours sur cette partie du programme ont largement pu se démarquer. ». La seconde partie, également très proche du cours, a aussi été sélective pour les candidats. La partie C était un peu plus délicate. Dans la question C.1, les premier et troisième termes sont bien interprétés, le terme relatif à l'onde sphérique a posé plus de difficultés. Dans la partie III, des lacunes dans la connaissance du cours ont arrêté l'étude de la directivité du haut-parleur pour bon nombre de candidats. Le manque de temps a stoppé les étudiants sur les questions de fin de problème.

Le jury conclut son rapport sur cette remarque que nous vous laissons méditer : « Nous ne pouvons qu'encourager les futurs candidats à bien apprendre leur cours de façon à traiter parfaitement le maximum de questions sans perdre de temps. »

CHIMIE

CORROSION ET PROTECTION DES ARMATURES EN FER DU BÉTON ARMÉ

I. LE BÉTON

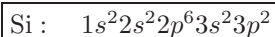
1 La silice a pour formule $\text{SiO}_{2(s)}$. La somme des nombres d'oxydation des éléments est égale à la charge du groupe formulaire. Sachant que le nombre d'oxydation de l'oxygène est $-II$, on a

$$\text{n.o.}(\text{Si}) + 2 \times \text{n.o.}(\text{O}) = 0$$

d'où

$$\boxed{\text{n.o.}(\text{Si}) = +IV}$$

La structure électronique du silicium ($Z = 14$) dans son état fondamental est donné par les règles de remplissage de Klechkowski et de Pauli :

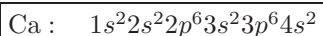


Le silicium possède quatre électrons de valence dans la couche $n = 3$. C'est un atome tétravalent qui peut engager quatre liaisons avec les atomes d'oxygène. Le silicium étant moins électronégatif que l'oxygène, les électrons des liaisons $\text{Si}-\text{O}$ sont déplacés vers l'oxygène, ce qui correspond à une oxydation de $+I$ pour le silicium. Avec quatre liaisons, on obtient donc un nombre d'oxydation de $+IV$ et une structure électronique du silicium semblable au gaz noble qui le précède.

2 La chaux a pour formule $\text{CaO}_{(s)}$, donc

$$\boxed{\text{n.o.}(\text{Ca}) = +II}$$

Le numéro atomique du calcium est $Z = 20$, ce qui permet de trouver sa configuration électronique dans son état fondamental.



Le calcium a donc deux électrons de valence qu'il peut céder à l'oxygène, plus électronégatif; il obtient alors la configuration électronique d'un gaz noble.

3 Les éléments d'une même colonne de la classification périodique ont la même structure électronique de valence, seule la valeur de n change. L'élément au-dessus du silicium a donc quatre électrons de valence dans la couche $n = 2$, sa structure électronique est $1s^2 2s^2 2p^2$, son numéro atomique est $Z = 6$, **il s'agit du carbone**.

L'élément sous le silicium a quatre électrons de valence dans la couche $n = 4$, sa structure électronique est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$. Pour arriver à la couche $4p$, la règle de Klechkowski nous rappelle qu'il faut remplir la couche $3d$, donc l'élément en dessous du silicium a pour numéro atomique $Z = 32$, **c'est le germanium**.

4 Deux variétés polymorphiques sont deux formes cristallines d'un même composé. Elles se différencient donc par leurs structures cristallographiques différentes (répartition des atomes dans l'espace).

Un composé amorphe est un composé solide qui n'est pas cristallisé, ce qui signifie qu'il n'y a pas de périodicité des atomes dans l'espace, la structure est désordonnée.