

Électromagnétisme pour la Chimie

Épreuve du jeudi 5 janvier 2017

Documents autorisés : NON - calculatrices *collège* autorisées : OUI - durée 2h

Le candidat veillera à écrire lisiblement, soigner la rédaction de sa copie, faire des schémas clairs, définir les grandeurs introduites, préciser leur unité et indiquer les vecteurs par un flèche surmontant leur symbole.

On donne pour les applications numériques $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$ F/m, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m et $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

A - Condensateur

On considère un condensateur plan composé de deux plaques métalliques parallèles, toutes deux d'aire S , séparées par une couche d'isolant d'épaisseur ℓ et de permittivité ε . La capacité C de ce condensateur

$$C = \frac{\varepsilon S}{\ell}$$

varie avec l'épaisseur ℓ quand la couche isolante est comprimée ou étirée.

- (2 points) Calculer la valeur en farads de la capacité de ce condensateur, pour des plaques de 2 cm^2 séparées par une couche d'épaisseur 1 mm de polystyrène de permittivité $\varepsilon = 2,6 \varepsilon_0$.
- (1 point) Le condensateur est relié aux bornes d'une alimentation électrique imposant une ddp $U = V_2 - V_1$ entre les plaques. Calculer la charge Q_2 de la plaque portée au potentiel $V_2 = 12 \text{ V}$.
- (1 point) Calculer la charge Q_1 de la plaque branchée sur la masse : $V_1 = 0 \text{ V}$.
- (1 point) Préciser l'amplitude, la direction et le sens du champ électrique entre les plaques, supposé uniforme.
- (1 point) À partir de l'expression

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} C U^2,$$

déterminer comment varie l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur en fonction de l'épaisseur ℓ de la couche isolante. Le système ayant tendance à évoluer vers une énergie minimum, en déduire si la couche isolante est comprimée ou étirée.

B - Liaison dans la molécule de dihydrogène

La liaison dans la molécule de dihydrogène est décrite par la courbe (voir figure en fin d'énoncé) représentant l'énergie d'interaction, en électron-volts, entre les deux ions en fonction de la distance entre leurs noyaux en picomètres. Déduire de cette courbe :

- (1 point) la longueur r_ℓ de la liaison, en picomètres, avec une précision de 5 pm,
- (1 point) l'énergie \mathcal{E}_ℓ de la liaison (toujours positive), en électron-volts,
- (1 point) puis en joules.
- (2 points) Proposer sur la figure un tracé des deux contributions, électrostatique et quantique, qui additionnées donnent la courbe ci-dessus.

C - Moment dipolaire de la molécule de méthanal

La molécule de méthanal est constituée d'un atome de carbone formant une double liaison avec un atome d'oxygène et simplement lié avec deux atomes d'hydrogène. On donne les coordonnées $(x; y)$ dans le plan de ces atomes, en picomètres ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$), et les charges partielles portées par les atomes d'oxygène et d'hydrogène en fractions du quantum de charge e .

| | x | y | q/e |
|---|-----|-----|---------------|
| O | 0 | 118 | -0,38 |
| C | 0 | 0 | ε |
| H | -94 | -61 | +0,18 |
| H | +94 | -61 | +0,18 |

- (1 point) La molécule étant électriquement neutre, déterminer la charge partielle ε du carbone, puis sa charge en coulombs.
- (1 point) Donner l'expression du moment dipolaire électrique \vec{p}_{CO} de la double liaison CO.
- (1 point) Préciser sa direction et son sens.
- (1 point) Calculer sa norme p_{CO} en coulombs mètres,
- (1 point) puis en debyes ($1D = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$).
- (1 point (bonus)) Calculer en picomètres les composantes des vecteurs reliant l'atome carbone et chacun des atomes d'hydrogène, notés \vec{CH}_1 et \vec{CH}_2 . On rappelle que le vecteur $\vec{AB} = x_{AB}\vec{u}_x + y_{AB}\vec{u}_y$ partant du point $A = (x_A; y_A)$ et arrivant au point $B = (x_B; y_B)$ a pour composantes $x_{AB} = x_B - x_A$ et $y_{AB} = y_B - y_A$.
- (1 point (bonus)) Calculer les composantes en debyes des moments dipolaires \vec{p}_{CH_1} et \vec{p}_{CH_2} des deux liaisons CH.
- (1 point (bonus)) En déduire les deux composantes p_x et p_y du moment dipolaire total \vec{p} de la molécule de formaldéhyde.

D - Force de Laplace

Deux fils rectilignes parallèles parcourus par des courants continus $I_1 = +2 \text{ A}$ et $I_2 = +1 \text{ A}$ dans le même sens exercent l'un sur chaque mètre de l'autre une force attractive.

- (1 point) Quel fil produit le champ magnétique le plus intense ?
- (1 point) Faire un schéma des deux fils, avec le sens des courants, et représenter sur ce schéma la force \vec{F}_{12} exercée par le courant I_1 sur le courant I_2 et la force \vec{F}_{21} exercée par le courant I_2 sur le courant I_1 .
- (1 point) Sur ce schéma, indiquer au niveau du courant I_2 le champ magnétique \vec{B}_1 créé par le courant I_1 et au niveau du courant I_1 le champ magnétique \vec{B}_2 créé par le courant I_2 .
- (1 point) Que modifier pour obtenir une force répulsive ?

On rappelle la loi de Biot et Savart, avec les notations du cours :

$$\frac{d\vec{B}}{dl} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\vec{u}_t \wedge \vec{u}}{r^2}$$

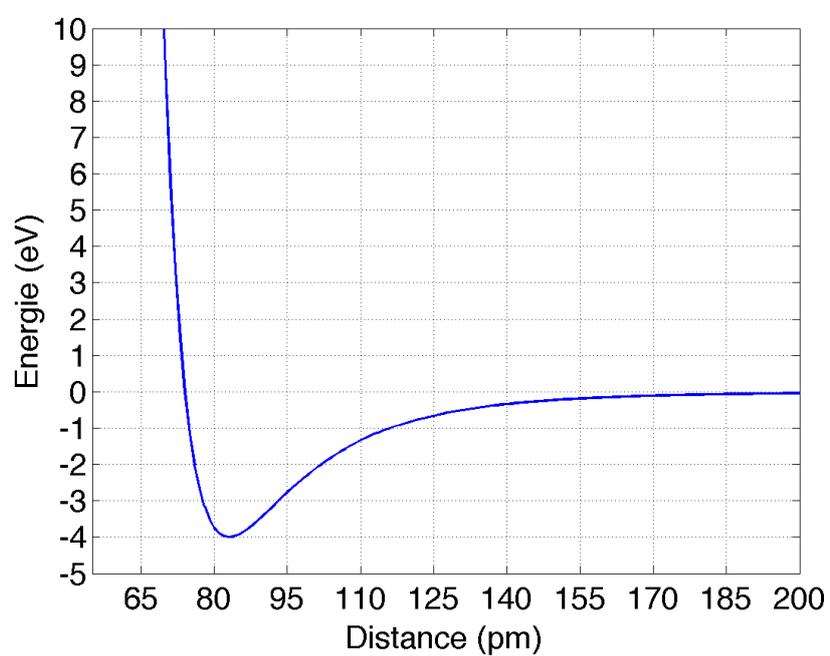


FIGURE 1 – exercice B - : énergie d'interaction entre les deux atomes de la molécule de dihydrogène en fonction de la distance entre leurs noyaux