

# DS n°4 de PHYSIQUE-CHIMIE

(durée : 3h ; Calculatrice **non autorisée**)

## Consignes & conseils :

- Votre copie doit comprendre une marge horizontale en début de copie et une marge verticale à gauche de chaque page.
- Les résultats doivent être présentés sous la forme d'expressions littérales (EL) encadrées **en couleur** et d'applications numériques (AN) soulignées **en couleur** (et à la règle). Pensez également à **souligner les mots clés**.
- Les questions abordées doivent être clairement identifiées. Toute réponse doit être rédigée, justifiée, et lisible.
- Vérifiez que vos EL sont homogènes et que vos AN possèdent un nombre cohérent de chiffres significatifs, ainsi qu'une unité adaptée.

## 1<sup>ère</sup> Problème : Autour du soufre (≈ 35 min)

Le soufre est l'élément chimique situé dans la classification périodique en dessous de l'élément oxygène. Il a comme propriété de pouvoir être hypervalent, c'est-à-dire de ne pas toujours respecter la règle de l'octet.

**Q1.** Rappeler les énoncés des règles de l'octet et du duet.

**Q2.** Proposer une représentation de Lewis pour chacune des quatre molécules suivantes, sachant qu'aucune d'elle n'est cyclique :

a) dioxygène : O<sub>2</sub>

c) dioxyde de soufre : SO<sub>2</sub>

b) ozone : O<sub>3</sub>

d) trioxyde de soufre : SO<sub>3</sub>

**Q3.** Prévoir la géométrie du dioxyde de soufre et du trioxyde de soufre, en justifiant le choix retenu, et en précisant les valeurs des angles de liaisons  $\widehat{OSO}$ .

**Q4.** Rappeler la définition de la notion d'électronégativité, et préciser qui de l'oxygène ou du soufre possède la plus grande valeur d'électronégativité.

**Q5.** Déterminer si les molécules de dioxyde de soufre et de trioxyde de soufre sont polaires.

Le tableau ci-dessous permet de comparer la valeur de la solubilité dans l'eau à température ambiante du dioxyde de soufre à celle de deux autres corps purs gazeux : le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> d'une part et l'ammoniac NH<sub>3</sub> d'autre part.

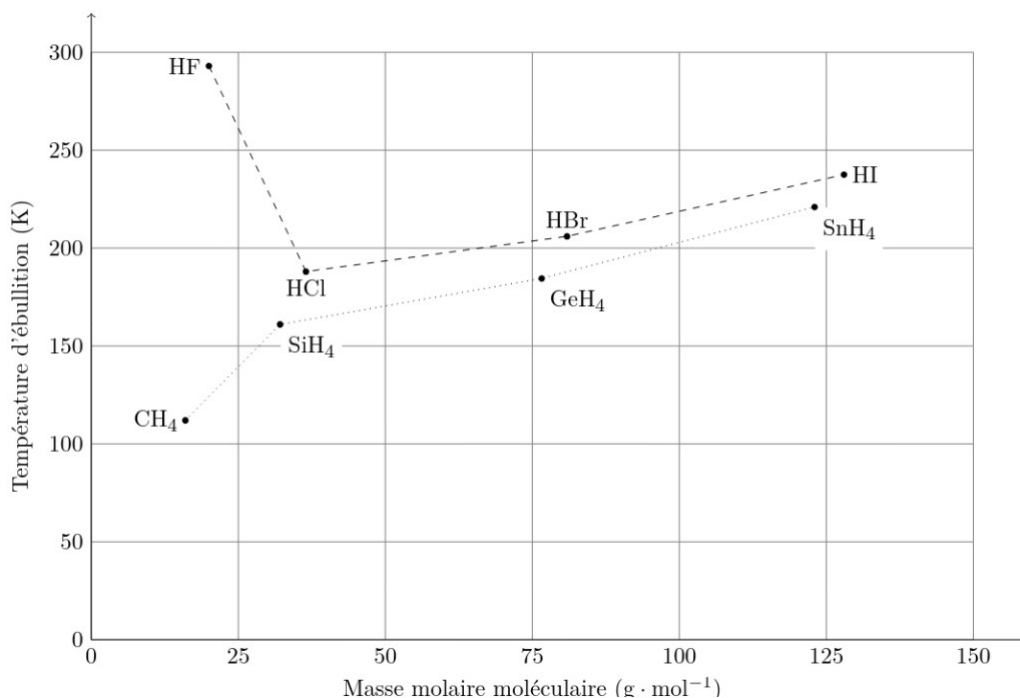
| Gaz                      | CO <sub>2</sub>      | SO <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub> |
|--------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| s (mol.L <sup>-1</sup> ) | 3,8.10 <sup>-2</sup> | 1,77            | 31,1            |

**Q6.** Proposer des schémas de Lewis pour les molécules de dioxyde de carbone et d'ammoniac.

**Q7.** Interpréter la différence de solubilité dans l'eau à température ambiante des trois composés gazeux.

## 2<sup>ème</sup> Problème : Températures d'ébullition ( $\approx$ 35 min)

Les températures d'ébullition sous 1 bar des composés hydrogénés des éléments des colonnes 14 et 17 de la classification périodique en fonction de la masse molaire moléculaire du composé sont représentées dans la **figure 1** ci-dessous.



**Figure 1** – Température d'ébullition des composés hydrogénés des éléments des colonnes 14 et 17.

**Q8.** Donner la représentation de Lewis de la molécule de méthane :  $\text{CH}_4$ .

**Q9.** Donner le nom de la géométrie de cette molécule, et en donner une représentation spatiale.

**Q10.** Discuter de la polarité de la molécule de méthane.

**Q11.** Préciser la valeur du moment dipolaire des autres molécules de la colonne 14 :  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{GeH}_4$ , et  $\text{SnH}_4$ .

**Q12.** Interpréter l'évolution des températures d'ébullition sous 1 bar des composés hydrogénés de la colonne 14.

**Q13.** Interpréter l'évolution des températures d'ébullition sous 1 bar des composés hydrogénés de la colonne 17 :  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ .

**Q14.** Est-il raisonnable de comparer les températures d'ébullition sous 1 bar de  $\text{SnH}_4$  et de  $\text{HI}$  ?

## 3<sup>ème</sup> Problème : Propriétés du fer et d'un oxyde de fer ( $\approx$ 35 min)

Le fer pur existe sous différentes formes allotropiques parmi lesquelles le fer  $\alpha$ , de masse volumique égale à  $7,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  et le fer  $\gamma$ , de masse volumique égale à  $7,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

Pour augmenter les performances mécaniques du fer, il faut diminuer ses possibilités de déformation, en insérant par exemple des atomes étrangers dans la structure cristallographique. Les aciers, par exemple, sont des alliages d'insertion fer-carbone. Ils présentent de nombreux avantages tels qu'une forte résistance aux chocs et à la déformation. Ils sont de plus recyclables.

**Données :**

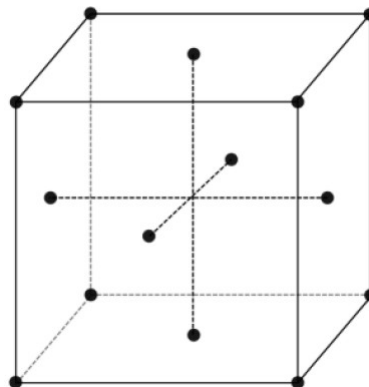
Masse molaire atomique du fer :  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g. mol}^{-1}$

Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

**Q15.** Un noyau de fer a pour symbole :  ${}^{54}_{26}\text{Fe}$ . Donner la composition (nombre de protons, de neutrons et d'électrons) d'un atome de fer constitué de ce noyau.

L'austénite est un alliage de fer et de carbone dans lequel les atomes de fer adoptent une structure de type cubique à faces centrées, comme présentée dans la **figure 2** ci-contre.

La longueur de l'arête du cube (ou paramètre de maille) vaut  $a = 0,37 \text{ nm}$ .



**Figure 2 :** Maille de structure cubique à faces centrées, pour laquelle les points noirs représentent les centres des atomes de fer.

**Q16.** Déterminer la population en atomes de fer dans la maille de la **figure 2**.

**Q17.** Déterminer l'expression littérale de la masse volumique de la structure d'austénite (sans carbone), et poser l'application numérique (en explicitant la conversion à faire) qui permettrait de vérifier s'il s'agit d'une structure de fer  $\alpha$  ou de fer  $\gamma$ . **NDFG :** vous ferez le calcul final à la maison !

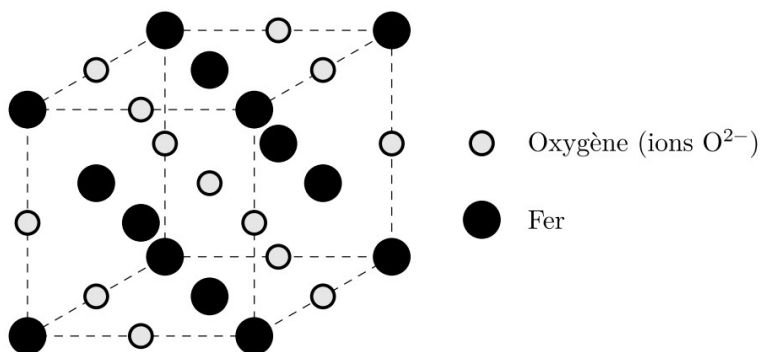
**Q18.** Prouver que les atomes de fer les plus proches dans la maille sont situés à une distance  $\frac{a\sqrt{2}}{2}$ .

**Q19.** En déduire que, si on considère qu'il y a contact entre atomes de fer les plus proches, alors les atomes de carbone (beaucoup plus petits que les atomes de fer) peuvent venir s'insérer dans la structure au centre du cube et/ou au milieu des arêtes et/ou au centre des 8 sous-cubes d'arête  $a/2$ .

**Q20.** Comment interpréter simplement qu'en pratique, les atomes de carbone viennent s'insérer au centre du cube et/ou au milieu des arêtes ?

Le fer est également utilisé sous forme d'oxyde ferreux, un composé ionique constitué d'ions issus du fer et d'anions oxyde  $\text{O}^{2-}$ , notamment pour obtenir un pigment synthétique noir, couramment utilisé pour les tatouages.

La structure cristalline de l'oxyde ferreux est décrite en **figure 3** ci-contre.



**Figure 3 :** Structure cristalline de l'oxyde ferreux.

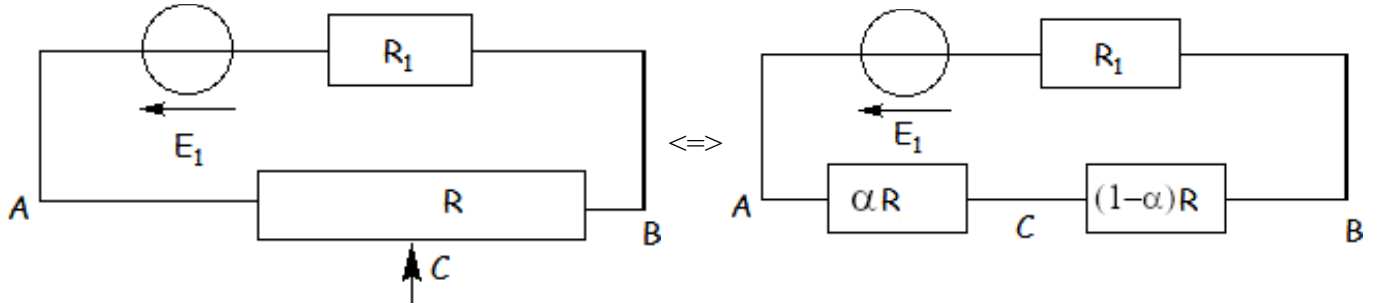
**Q21.** Justifier simplement que l'oxyde ferreux se présente sous la forme d'un composé ionique.

**Q22.** Donner, en justifiant la réponse, la formule chimique de l'oxyde ferreux.

**Q23.** En déduire la charge de l'ion du fer présent dans l'oxyde ferreux.

### 4<sup>ème</sup> Problème : Utilisation d'un potentiomètre (≈ 35 min)

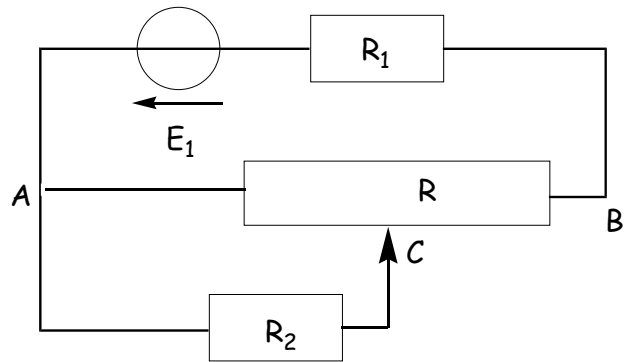
Une source réelle de tension, de force électromotrice  $E_1$ , et de résistance  $R_1$  alimente un potentiomètre de résistance totale  $R$  branché entre deux points A et B (cf. figure ci-dessous). Le curseur mobile C délimite une résistance  $\alpha R$  entre A et C et donc  $(1-\alpha)R$  entre C et B. Le montage correspondant est représenté sur la **figure 4** ci-dessous.



**Figure 4 :** Schémas du montage potentiométrique et de son schéma équivalent.

**Q24.** Exprimer, dans le montage de la **figure 4**, le rapport  $U_{AC} / E_1$  en fonction des paramètres  $\alpha$ ,  $R$  et  $R_1$ .

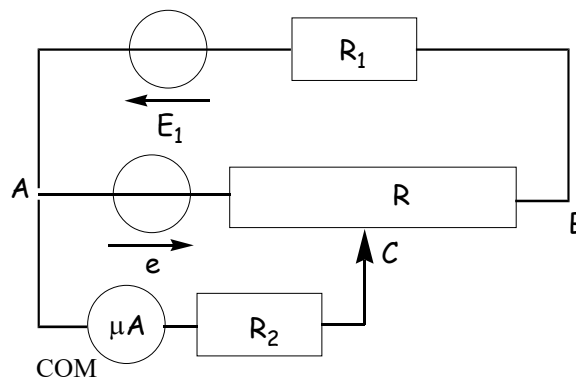
Le montage potentiométrique précédent alimente désormais un résistor de résistance  $R_2$  branché entre A et C, comme indiqué sur la **figure 5** ci-contre.



**Figure 5 :** Schéma du montage potentiométrique alimentant un résistor de résistance  $R_2$ .

**Q25.** Exprimer, dans le montage de la **figure 5**, le nouveau rapport  $U_{AC} / E_1$  en fonction des paramètres  $\alpha$ ,  $R$ ,  $R_1$ , et  $R_2$ .

Pour déterminer la force électromotrice  $e$  d'une source idéale, on l'intercale dans le montage potentiométrique, cf. **figure 6** ci-dessous, et on introduit un ampèremètre de précision ( $\mu A$ ) en série avec  $R_2$ . On précise que l'ampèremètre possède une résistance  $R_A$  très inférieure à  $R_2$ .



**Figure 6 :** Schéma du montage permettant de mesurer la f.é.m.  $e$ .

**Q26.** Par application des lois de Kirchhoff, déterminer l'expression de l'intensité  $i_2$  mesurée par l'ampèremètre, en fonction des paramètres  $E_1$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R$ ,  $e$  et  $\alpha$ .

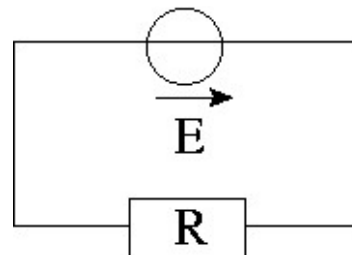
**NDFG :** Le calcul est fastidieux, mais il y a des points pour chacune des étapes nécessaires pour arriver au bout !

On déplace le curseur C jusqu'à ce qu'on mesure  $i_2 = 0$  à l'ampèremètre.

**Q27.** Donner alors l'expression littérale de  $e$  en fonction des paramètres du problème :  $E_1$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R$  et  $\alpha$ .

## 5<sup>ème</sup> Problème : Quelques calculs de puissances ( $\approx 35$ min)

On considère le montage électrique de la figure ci-contre, dans lequel la source est une source idéale de tension continue, de force électromotrice constante  $E$ , et  $R$  la résistance dite « de charge » d'un résistor donné.



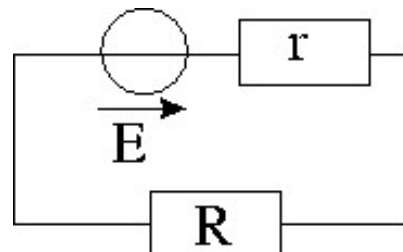
**Q28.** Déterminer en fonction de  $E$  et  $R$  la puissance  $P_g$  fournie par la source idéale.

**Q29.** Déterminer également la puissance  $P_J$  dissipée par effet Joule dans le résistor.

**Q30.** Évaluer le rapport  $\rho = P_J/P_g$ . Conclure.

**Q31. Application numérique :** On considère une source de force électromotrice  $E = 12$  V qui alimente un montage électrique de résistance  $R = 100 \Omega$ . Déterminer  $P_g$ .

Dans une modélisation plus réaliste, il faut prendre en compte la résistance interne  $r$  (faible, mais non nulle) de la source de tension continue. On considère donc le montage de la figure ci-contre.



**Q32.** Déterminer, en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$ , la puissance  $P_g$  fournie par la source idéale.

**Q33.** Déterminer également la puissance  $P_J$  dissipée par effet Joule dans la résistance de charge  $R$ .

**Q34.** Évaluer le nouveau rapport  $\rho = P_J/P_g$ . Conclure.

**Q35.** Si on a le choix de la valeur de la résistance de charge  $R$ , pour  $E$  et  $r$  fixés (c'est-à-dire pour une source réelle donnée), préciser la valeur de  $R$  à choisir pour optimiser le rendement en puissance  $\rho$ .

**Q36.** Représenter l'allure de la courbe représentant  $P_J(R)$ .

**Q37.** Déterminer la valeur de  $R$ , pour  $E$  et  $r$  fixés, permettant d'obtenir la valeur maximale de  $P_J$ .

**Q38.** Discuter d'une éventuelle contradiction entre les résultats des questions 35 et 37.