DS n°4 de PHYSIQUE-CHIMIE

(durée : 4h ; 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** et d'**applications numériques (AN) soulignées** (à la règle). Pensez également à **souligner les mots clés**.
- Vous pouvez traiter les différents problèmes dans l'ordre de votre choix, mais les questions abordées doivent être clairement identifiées et non mélangées.
- Toute réponse doit être rédigée, justifiée, et lisible.
- Vérifiez que les EL sont homogènes et que les AN possèdent un nombre cohérent de chiffres significatifs, ainsi qu'une unité adaptée.

1ère Problème : Autour du soufre (≈ 40 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_2
b) ozone : O_3
c) dioxyde de soufre : SO_2
d) trioxyde de soufre : SO_3

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_2 d'une part et l'ammoniac NH_3 d'autre part.

Gaz	CO_2	SO_2	NH_3
s ($mol.L^{-1}$)	$3{,}8.10^{-2}$	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.

2ème Problème : Températures d'ébullition (≈ 40 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.

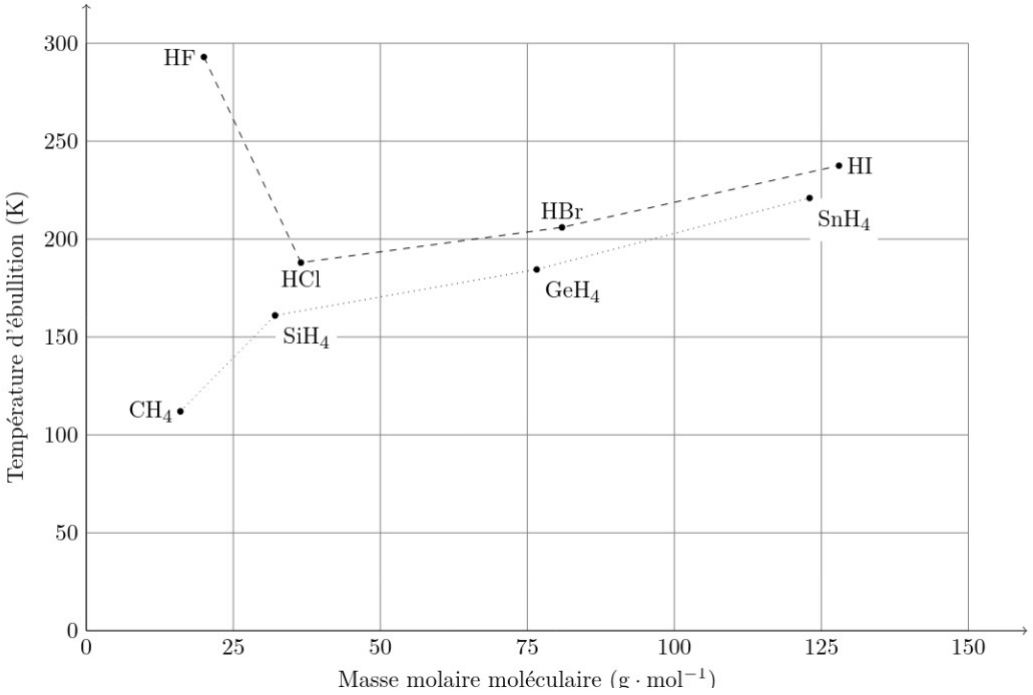


Figure 1 – *Température d'ébullition des composés hydrogénés des éléments des colonnes 14 et 17.*

Q8. Donner la représentation de Lewis de la molécule de méthane : 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 : SiH_4, GeH_4, et 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 : HF, HCl, HBr, HI.

Q14. Est-il raisonnable de comparer les températures d'ébullition sous 1 bar de SnH_4 et de HI ?

3ème Problème : Propriétés du fer et d'un oxyde de fer (≈ 45 min)

Le fer pur existe sous différentes formes allotropiques parmi lesquelles le fer α, de masse volumique égale à 7,9 g.cm^{-3} et le fer γ, de masse volumique égale à 7,6 g.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(Fe) = 55,8 g. mol^{-1}

Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}.

Q15. Un noyau de fer a pour symbole : ${}^{54}_{26}\mathrm{Fe}$. 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 nm.

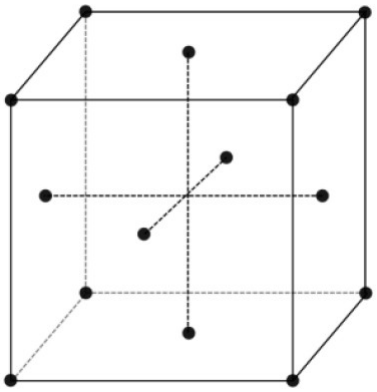


Figure 2 : *Maille de structure cubique à faces centrées, pour laquelle les points noirs représentent les centres des atomes de fer.*

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 α ou de fer γ. **NB :** vous ferez le calcul final à l'issue des 4h d'épreuve !

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

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 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.

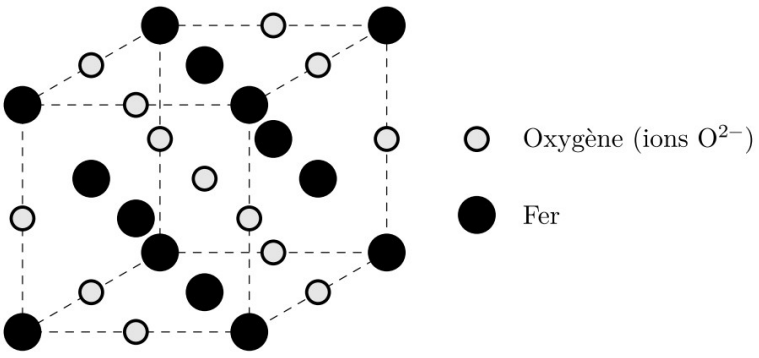


Figure 3 : *Structure cristalline de l'oxyde ferreux.*

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.

4ème Problème : Objectif d'un appareil photographique (≈ 1h20min)

Ce problème est composé de deux sous-parties indépendantes.

IV.A) Objectif et téléobjectif

Cette partie traite de la comparaison entre l'encombrement d'un téléobjectif composé de deux lentilles et d'un objectif composé d'une unique lentille permettant de former une même image d'un objet situé à une grande distance du photographe.

On modélise l'objectif d'un appareil photographique par une lentille L1 que l'on associe à un capteur CCD de taille $15{,}8 \times 23{,}6$ mm^2.

La lentille L1 est convergente de vergence 5,0 δ. La distance entre la lentille L1 et le capteur, notée Δ, est appelée encombrement de l'appareil. Cet appareil photographique est utilisé pour photographier un animal de hauteur 80 cm, situé à 200 m.

Q24. À quelle distance de la lentille d'entrée L1 faut-il placer le capteur pour former une image nette ?

Q25. Réaliser un schéma représentant la situation, on fera apparaître la lentille L1, ses foyers objet et image, ainsi que le capteur CCD que l'on placera en accord avec la question précédente.

Q26. Quel est l'encombrement Δ de l'appareil photographique ?

Q27. Quelle est la taille de l'image obtenue sur le capteur ?

On remplace l'objectif simple par un téléobjectif constitué de la même lentille d'entrée L1 associée à une seconde lentille L2 placée à une distance 15.5 cm derrière la lentille d'entrée L1. Cette seconde lentille est divergente, de vergence −20 δ. La distance entre la lentille L1 et le capteur, notée Δ′, est appelée encombrement du téléobjectif. On photographie le même animal de hauteur 80 cm toujours situé à 200 m.

Q28. À quelle distance de la lentille d'entrée L1 faut-il placer le capteur pour former une image nette ?

On donnera un résultat à deux chiffres significatifs.

Q29. Réaliser un schéma représentant la situation, on fera apparaître les lentilles L1 et L2, leurs foyers objet et image, ainsi que le capteur CCD que l'on placera en accord avec la question précédente.

Q30. Quel est alors l'encombrement Δ′ du téléobjectif ?

Q31. Quelle est la taille de l'image formée à l'aide du téléobjectif ?

Q32. Quelle serait la distance focale d'un téléobjectif mono-lentille constitué d'une seule lentille convergente et qui permettrait de former une image de la même taille que celle obtenue à l'aide du téléobjectif ? Quel serait l'encombrement d'un tel appareil photographique ? Conclure.

IV.B) Profondeur de champ

L'appareil photographique est désormais utilisé pour photographier l'image d'un objet A placé à 6 cm de l'objectif sur l'axe optique. On modélise l'objectif de l'appareil photographique par une lentille simple de distance focale 2,0 cm.

Q33. Rappeler ce que sont les conditions de Gauss.

Q34. Définir la notion de stigmatisme rigoureux et approché.

Q35. Réaliser un schéma à l'échelle de la situation décrite ci-dessus en y faisant également apparaître l'image A′ conjuguée de l'objet A par la lentille.

Q36. Ajouter sur votre schéma un diaphragme de 6,0 cm de diamètre centré sur l'axe optique accolé à la lentille, ainsi que le pixel central du capteur placé dans le plan de l'image A, centré sur l'axe optique et de taille 1,0 cm.

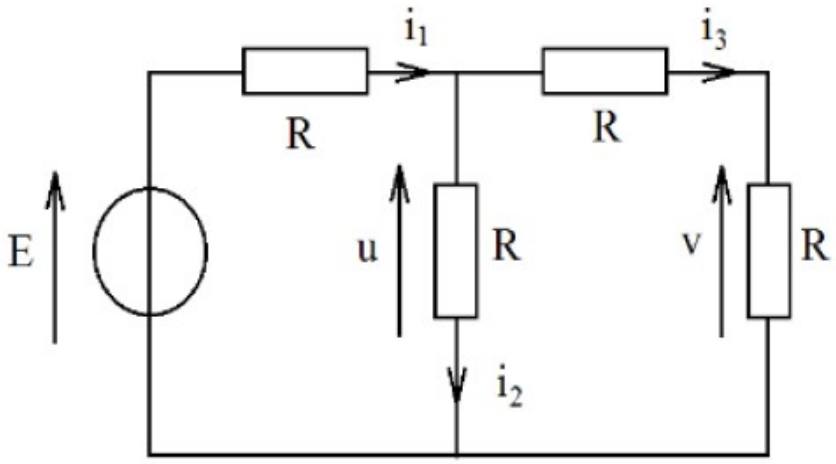
Q37. Construire graphiquement les positions extrêmes de l'objet A (notées A1 et A2) respectant les conditions assurant un stigmatisme approché.

Q38. Mesurer la profondeur de champ notée p à l'aide de votre schéma.

Q39. Réaliser un nouveau schéma et déterminer la nouvelle profondeur de champ notée p′ pour un diaphragme de diamètre 4,0 cm centré sur l'axe optique. En déduire l'influence du diamètre du diaphragme sur la profondeur de champ ?

5ème Problème : Étude d'un circuit électrique (≈ 35 min)

On considère le circuit ci-dessous, dans lequel tous les résistors ont la même valeur de résistance R :



V.A) Ponts diviseurs

Q40. Déterminer l'expression de v en fonction de u, puis de u en fonction de E. En déduire celle de v en fonction de E.

Q41. Exprimer i_2 et i_3 en fonction de i_1.

V.B) Puissance

Q42. Simplifier le circuit pour ne faire apparaître qu'un seul résistor.

Q43. En déduire la puissance fournie par la source idéale de tension en fonction de E et R.

Q44. Exprimer la puissance dissipée par le résistor soumis à la tension v en fonction de E et de R.