
Devoir surveillé 01

Physique-Chimie

Durée : 3h - Calculatrice NON autorisée

*Ce devoir comporte 3 problèmes indépendants. **Vous pouvez les traiter dans l'ordre de votre choix, mais séparez les problèmes par copie, de sorte à placer les problèmes dans l'ordre.** Une grande importance sera accordée à la présentation et à la précision des arguments avancés pour répondre aux questions. Les résultats doivent être encadrés. Il est recommandé de travailler au brouillon sur les questions que vous jugez délicates. Il est aussi très important de réfléchir, de raisonner, et de bien justifier vos réponses !*

Problème 1 : Chimie

On se propose d'étudier quelques équilibres chimiques usuels dans ce problème.

1) Complexation

Les ions fer (III) et l'ion thiocyanate peuvent former une molécule nommée thiocyanatefer (III) selon la réaction



de constante d'équilibre $K^\circ(T) = 125$.

Dans un bécher se trouve un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure de fer (III) de concentration $c_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On y introduit la quantité de matière $n_1 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de thiocyanate de potassium.

- Q - 1.** Écrire un tableau d'avancement en concentration pour la réaction étudiée.
- Q - 2.** Déterminer l'équation vérifiée par l'avancement volumique à l'équilibre, à l'état final, x_{eq} . On la mettra sous une forme polynômiale $x_{\text{eq}}^2 + \alpha x_{\text{eq}} + \beta = 0$, où on précisera les valeurs numériques de α et β .
- Q - 3.** La résolution de cette équation fournit deux solutions $x_1 = 32 \cdot 10^{-3}$ et $x_2 = 6,3 \cdot 10^{-3}$ (unités SI). En déduire, en justifiant, les concentrations de toutes les espèces présentes à l'équilibre.

On cherche à résoudre numériquement cette équation avec Python.

- Q - 4.** Expliquer en quelques lignes (soyez concis !) et d'éventuels schémas le principe de la méthode par dichotomie.
- Q - 5.** Sur l'annexe, compléter le code Python et les commentaires expliquant le fonctionnement du programme.

2) Équilibre de Boudouard

Les trois espèces carbonées $\text{C}_{(\text{s})}$, $\text{CO}_{(\text{g})}$ et $\text{CO}_{2,(\text{g})}$ peuvent donner lieu à un équilibre entre elles, nommé équilibre de Boudouard :

- Q - 6.** Écrire la réaction chimique faisant intervenir $\text{C}_{(\text{s})}$ et $\text{CO}_{2,(\text{g})}$ comme réactifs. On impose un coefficient stœchiométrique de 1 pour $\text{C}_{(\text{s})}$.
- Q - 7.** Donner l'expression de l'activité d'un gaz parfait en fonction de la pression totale p , de la pression de référence p° et de la fraction molaire du gaz considéré. On indiquera précisément les relations utilisées.
- Q - 8.** Quel est le lien entre les deux fractions molaires x_{CO_2} et x_{CO} des deux seules espèces en phase gazeuse ?
- Q - 9.** Déterminer l'expression de $K^\circ(T)$ en fonction de p , p° et des fractions molaires des différents gaz, puis uniquement en fonction de p , p° et x_{CO} .
- Q - 10.** En se plaçant à $T = 980 \text{ K}$, sous $p = 1 \text{ bar}$, on trouve $K^\circ(980 \text{ K}) = 1$. Déterminer numériquement x_{CO} . On donne $\sqrt{5} \simeq 2,24$.
- Q - 11.** La constante d'équilibre de cette relation est telle que $RT \ln(K^\circ(T)) = -172 + 0,176T$ (en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$). $K^\circ(T)$ est-elle croissante ou décroissante quand la température augmente ? Justifier.
- Q - 12.** On se place dans un système contenant initialement, à l'équilibre, $\text{C}_{(\text{s})}$, $\text{CO}_{(\text{g})}$ et $\text{CO}_{2,(\text{g})}$. On modifie légèrement la température à pression fixée de sorte à augmenter la valeur de la constante d'équilibre. Montrer le sens d'évolution de la teneur en $\text{CO}_{2,(\text{g})}$ dans le mélange.

Problème 2 : Frottements en milieu aquatiques

Quelle que soit leur taille, les êtres vivant en milieu aquatique sont soumis à des forces de frottement lorsqu'ils se déplacent. Ces forces s'opposent à leur mouvement. Cependant, en fonction de la taille de l'animal considéré, la force de frottement n'a pas la même origine physique. Ce court problème s'intéresse à deux forces différentes afin d'en déduire certaines propriétés à l'aide de l'analyse dimensionnelle. Aucune connaissance préalable en mécanique des fluides n'est nécessaire.

1) Cas des êtres microscopiques

Les êtres microscopiques (plancton, bactéries,...) sont soumis à un type de frottement qui met en jeu la viscosité du fluide. L'intensité de cette force F_{visc} , pour un objet sphérique de rayon r et de vitesse v , est de la forme

$$F_{\text{visc}} = k \eta r^\alpha v^\beta \quad (2)$$

où k est une constante sans dimension et η est la grandeur appelée viscosité, qui ne dépend que du fluide considéré. Nous avons mesuré expérimentalement cette force pour des billes de différents rayons, à des vitesses différentes dans un liquide visqueux. Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant. Ces mesures sont toutes effectuées dans le même fluide, de la glycérine, la valeur de la viscosité η ne change donc pas d'une mesure à l'autre dans le tableau.

	$v = 1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$	$v = 10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
$r = 1 \text{ cm}$	2,81 mN	28,08 mN
$r = 2 \text{ cm}$	5,62 mN	56,17 mN

Q - 1. À l'aide des résultats du tableau, déterminez les valeurs des exposants α et β .

Q - 2. Déterminer la dimension de η et donner son unité S.I.

Q - 3. D'après les données suivantes, estimez la valeur numérique de F_{visc} pour une bactérie dans l'eau.

Données :

- rayon typique d'une bactérie : $1 \mu\text{m}$;
- vitesse typique d'une bactérie : $1 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- viscosité de l'eau : $1,0\cdot 10^{-3}$ USI ;
- $k \simeq 20$.

2) Cas des grands animaux

Nous nous intéressons maintenant aux grands animaux marins. Ils ne sont plus soumis à la force précédente mais à un autre type de force de frottement due à la formation de turbulences dans leur sillage. Nous modélisons un tel animal par un cylindre de rayon r . L'intensité de la force, appelée F_{turb} , dépend de la vitesse v de l'animal, de son rayon r et de la masse volumique ρ de l'eau dans lequel il se déplace.

Q - 4. Déterminer par analyse dimensionnelle l'expression du module F_{turb} de la force en fonction des grandeurs pertinentes du problème, à une constante multiplicative près K , sans dimension.

Q - 5. Tous les autres paramètres restant constants, que devient la force propulsive si le rayon de l'animal est divisé par 3 ?

Q - 6. En prenant des ordres de grandeur pertinents pour les différents paramètres, calculer un ordre de grandeur crédible pour F_{turb} dans le cas d'un dauphin. On prendra $K = 1$.

Problème 3 : Électricité

Les trois sous-parties sont indépendantes.

1) Impédance de sortie d'un générateur

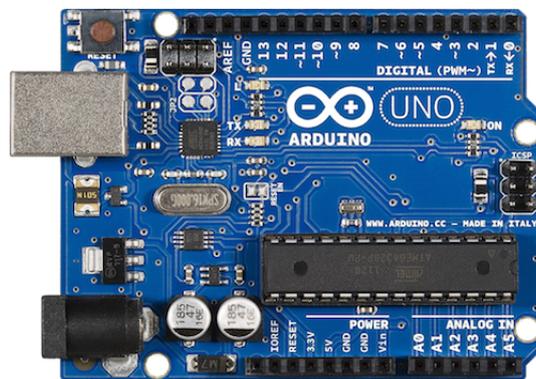
On cherche à déterminer l'impédance de sortie d'un générateur, modélisé à l'aide du modèle de Thévenin. Pour cela, on procède en deux temps :

- on branche directement un voltmètre aux bornes du générateur : on mesure une tension de 7,0 V.
- En branchant ensuite le générateur sur une résistance de valeur 200 Ω , on mesure à nouveau la tension à ses bornes, qui vaut alors 5,6 V.

Q - 1. En déduire par la méthode de votre choix, clairement détaillée, la valeur de la résistance interne de ce générateur. (*Toute tentative de résolution, même non terminée, peut être intéressante à présenter*).

2) Utilisation d'une carte Arduino

Une carte ARDUINO est une carte matérielle sur laquelle se trouve un microcontrôleur, capable de recevoir et d'émettre des signaux électriques. On peut l'utiliser pour traiter des signaux issus de divers capteurs.



On se propose de décrire une application de base utilisant un montage électrique simple. On utilise une voie d'alimentation de l'ARDUINO. Celle-ci délivre une tension continue de 5V non réglable par rapport à la masse (notée GND sur la carte). On souhaite alimenter un capteur avec une tension continue de 3V.

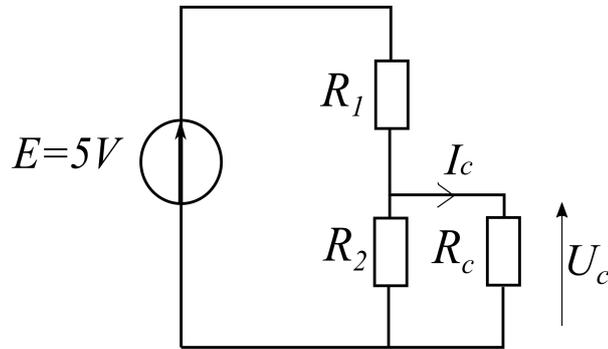
Q - 2. Proposer un montage simple utilisant deux résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir une telle tension à partir de la sortie 5V de l'ARDUINO (on ne branche pas encore le capteur). On attend un schéma du montage, une démonstration de la ou des formule(s) utilisée(s) et un choix de valeurs de composants.

Q - 3. Le capteur est un capteur de température dont les principales spécificités sont données ci-après. On suppose maintenant que l'impédance d'entrée du capteur est modélisée par une résistance R_c . Déterminez la valeur de R_c avec 2 chiffres significatifs.

Specifications

Item	Min	Typical	Max	Unit
Voltage	2.6	3	3.4	V
Current		1.4	1.5	mA
Ambient Temperature Range		-40 - 85		°C
Object Temperature Range		-40 - 115		°C
Dimension		20x40x9.6		mm

On construit alors le montage suivant :



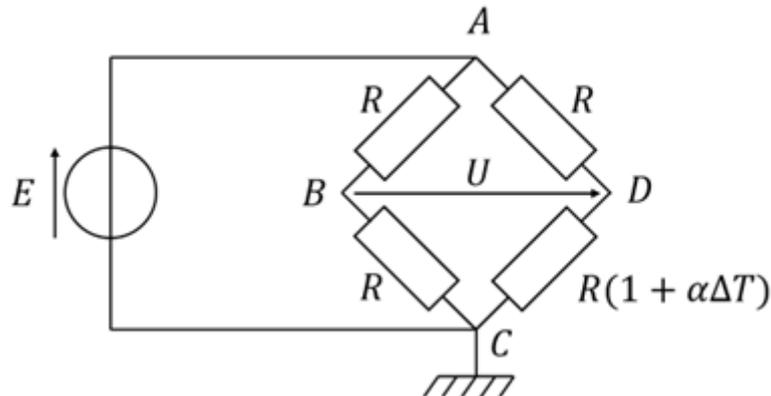
- Q - 4. Exprimer U_c et I_c en fonction de E , R_1 , R_2 et R_c uniquement.
- Q - 5. Que deviennent ces grandeurs si $R_2 = R_c$? et si $R_2 \ll R_c$?
- Q - 6. Effectuer l'application numérique de U_c pour $R_1 = 2,0 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 3,0 \text{ k}\Omega$. Le capteur fonctionne-t-il correctement?
- Q - 7. Même question pour $R_1 = 200 \Omega$ et $R_2 = 300 \Omega$.
- Q - 8. Comment choisir les valeurs de R_1 et R_2 pour assurer le bon fonctionnement du capteur?

3) Capteur de température

On considère un capteur de température composé d'un générateur de tension idéal de force électromotrice E et de quatre résistances identiques. Parmi ces quatre résistances, trois sont thermostatées (c'est-à-dire que leur température est constante) à une température T_0 tandis que le quatrième se trouve à une température T telle que $T = T_0 + \Delta T$. La valeur de la résistance dépend de la température. Pour des écarts de températures pas trop élevés (c'est-à-dire de l'ordre d'une dizaine de kelvin) on peut considérer que la loi de variation de $R(T)$ est la suivante, où $R(T_0) = R$:

$$R(T) = R \times (1 + \alpha \Delta T)$$

On présente ci-dessous le montage utilisé pour mesurer cette variation de température.



On choisit de prendre l'origine des potentiels électriques au point C , c'est-à-dire que $V_C = 0$. Ceci est représenté sur le schéma du montage électrique par le symbole de la masse (en forme de râtelier) auquel est relié le point C .

- Q - 9. Déterminer la dimension de la constante α et donner son unité dans le système international.
- Q - 10. Déterminer l'expression de la tension U_{BC} puis en déduire l'expression de V_B .
- Q - 11. Déterminer l'expression de la tension U_{DC} puis en déduire l'expression de V_D .
- Q - 12. Montrer alors que la tension U vérifie la relation suivante :

$$U = \frac{E}{2} \frac{1}{1 + \frac{2}{\alpha \Delta T}}$$

On suppose que l'on mesure la tension U à l'aide d'un voltmètre, que $E = 1,0 \text{ V}$ et que $\alpha = 0,01 \text{ USI}$. On appelle résolution du voltmètre la plus petite variation de tension qu'il est capable de mesurer.

- Q - 13. Quelle doit être la résolution du voltmètre pour que le capteur soit capable de détecter une variation de température de la résistance de $0,1 \text{ K}$?
- Q - 14. Inverser la relation démontrée à la Q - 12. pour exprimer ΔT en fonction de E , U et α .
- Q - 15. En déduire la plus petite variation de température que l'on peut détecter si la résolution du voltmètre utilisé est de 1 mV .

Annexe à détacher

NOM :

I Annexe 1 : problème 1

```
import numpy as np

def f(x):
    return

def rech_dicho(f,a,b,eps):
    if f(a)*f(b)>0:
        return print('Impossible d\'appliquer la recherche dichotomique')

    else:
        while (b-a)>2*eps: # ...
            m=(a+b)/2
            if f(a)*f(m)<0: # ...

                ...

            else:

                ...

        return (a+b)/2

print(rech_dicho(f,....
```