



CONCOURS BLANC – PHYSIQUE-CHIMIE

D.Malka – MPSI 2018-2019 – Lycée Jeanne d’Albret

09.05.2019

Durée de l’épreuve : 4h00

L’usage de la calculatrice est autorisé.

L’énoncé de ce devoir comporte 9 pages.

- Si, au cours de l’épreuve, vous repérez ce qui vous semble être une erreur d’énoncé, signalez le sur votre copie et poursuivez votre composition en expliquant les raisons des initiatives que vous êtes amené à prendre.
- Il ne faudra pas hésiter à formuler des commentaires. Le barème tiendra compte de ces initiatives ainsi que des qualités de rédaction de la copie.
- La numérotation des exercices doit être respectée. Les résultats doivent être systématiquement encadrés.
- Les pages doivent être numérotées de la façon suivante : n°page courante/nombre total de pages.

Problème 1 – Élimination du bruit dans une chaîne de mesure d’un signal

Dans ce problème, on aborde diverses manières de filtrer le bruit d’un signal.

1. Ondulation parasite du signal d’un capteur.

On considère le filtre RC représenté fig.1. On se place en régime sinusoïdal.

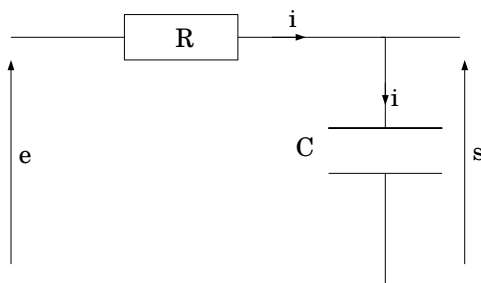


FIGURE 1 – Filtre RC

- 1.1 Montrer, sans calcul, que ce filtre est un filtre passe-bas.
- 1.2 Exprimer la fonction de transfert, définie par $\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}}$, où \underline{s} et \underline{e} sont les représentations complexes des signaux sinusoïdaux $s(t)$ et $e(t)$ de pulsation ω , en fonction de ω et $\omega_c = \frac{1}{RC}$.
- 1.3 Quel est l’ordre de ce filtre ?
- 1.4 En étudiant la fonction de transfert, vérifier que le filtre réalise effectivement un filtrage passe-bas.
- 1.5 On cherche à mesurer un signal d’entrée $e(t) = E = 5\text{ V}$ continue issue d’un capteur. Au signal d’entrée s’ajoute un signal parasite, capté du réseau EDF par effet d’antenne, de fréquence $f = 50\text{ Hz}$ et d’amplitude $A = 100\text{ mV}$. La fréquence de coupure vaut $f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = 10\text{ Hz}$. Calculer le signal de sortie.

2. Filtrage du bruit d’un amplificateur

Une chaîne de mesure d’un signal comprend un capteur suivi d’un amplificateur puis d’un filtre. On s’intéresse ici au bruit introduit par la chaîne de mesure elle-même, principalement par l’amplificateur,

et aux méthodes pour atténuer ce bruit. La densité spectrale du bruit $b(t)$ de l’amplificateur est donné fig.2.

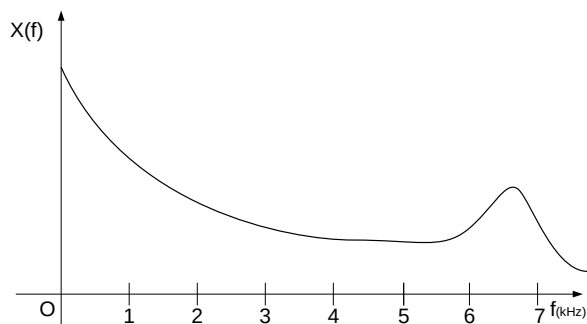


FIGURE 2 – Spectre de $s_{1,2}(t)$. Le spectre est continu.

2.1 Chaîne de mesure classique

La chaîne de mesure classique évoquée précédemment est représenté fig.3. Le filtre est un filtre passe-bas. **Le signal délivré par le capteur est un signal continu.** Expliquer qualitativement pourquoi cela ne convient pas au filtrage du bruit $b(t)$ de l’amplificateur.

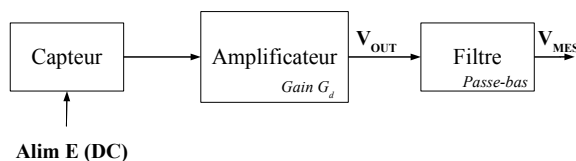


FIGURE 3 – Chaîne de mesure classique

2.2 Chaîne de mesure modulée

Une première idée pour filtrer le bruit $b(t)$ est d’effectuer une mesure dans un domaine de fréquence où l’amplitude du bruit est minimale. Ainsi le capteur n’est pas plus alimenté par une tension continue mais par une tension alternative sinusoïdale à la fréquence f_m (fig.4).

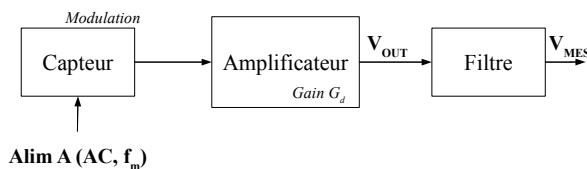


FIGURE 4 – Chaîne de mesure modulée

Il en résulte en sortie de l’amplificateur la tension suivante :

$$V_{out} = A \cos(\omega_m t) + b(t) \quad \text{avec} \quad \omega_m = 2\pi f_m$$

2.2.1 Proposer une valeur pour f_m . Représenter alors le spectre du signal de sortie V_{out} de la chaîne de mesure.

2.2.2 On donne, fig.5, le diagramme de Bode en gain du filtre utilisé pour sélectionner le signal utile.

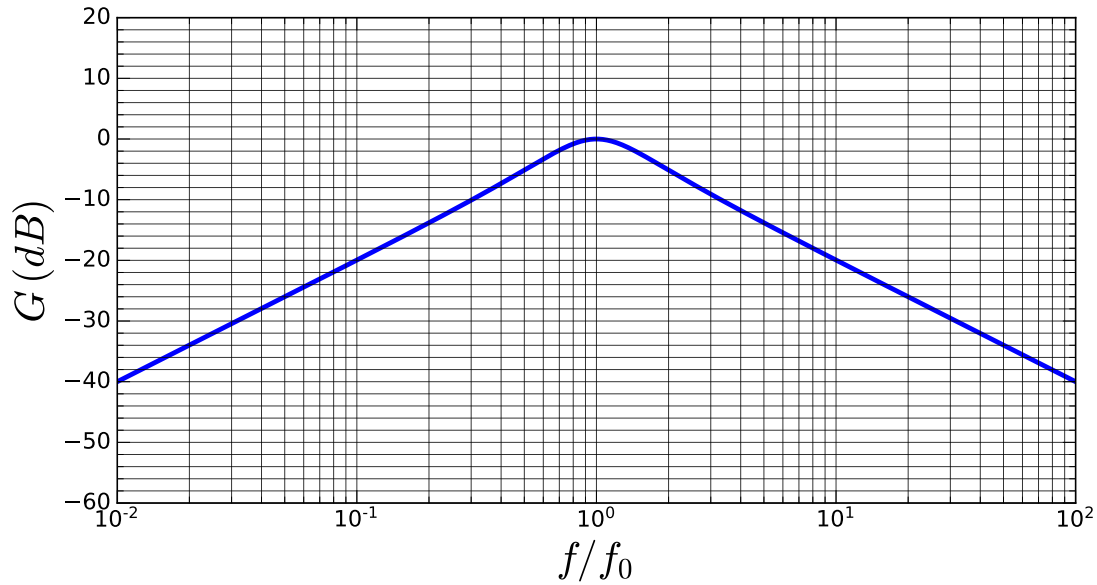


FIGURE 5 – Diagramme de Bode du filtre passe-bande

2.2.2.1 Quelle est la nature du filtre ?

2.2.2.2 Quel valeur faut-il choisir pour la fréquence centrale f_0 du filtre ?

2.2.2.3 Estimer la largeur Δ_f de la bande-passante à -3 dB sur le diagramme de Bode.

2.2.3 En déduire le facteur de qualité Q du filtre.

2.2.4 En considérant que le bruit est caractérisé par une puissance notée σ_b^2 , on montre que le rapport signal sur bruit en puissance, noté SNR vaut :

$$- SNR = 10 \log \left(\frac{A^2/2}{\sigma_b^2} \right) \text{ avant filtrage,}$$

$$- SNR = 10 \log \left(\frac{A^2/2}{\frac{\sigma_b^2}{Q}} \right) \text{ après filtrage.}$$

Pour quelle valeur du facteur de qualité améliore-t-on d'un facteur 20 dB le rapport signal sur bruit SNR ?

Technologiquement, on ne peut pas, avec un filtre classique, dépasser le facteur de qualité déterminé précédemment. Il faut alors faire appel à une technique complémentaire qui permet de simuler un filtre passe-bande de bande passante très étroite : *la détection synchrone*.

2.3 Détection synchrone

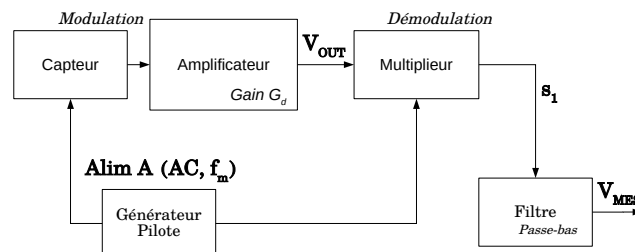


FIGURE 6 – Détection synchrone du signal délivré par un capteur

Comme précédemment, la détection synchrone (fig.6) s’appuie sur la modulation de la source du capteur pour être dans une zone de fréquences de bruit minimal. Le signal utile est donc alternatif sinusoïdal. A la sortie de l’amplificateur, on a donc toujours :

$$V_{\text{out}} = A \cos(\omega_m t) + b(t) \quad \text{avec} \quad \omega_m = 2\pi f_m$$

Cependant, avant filtrage, on transforme le signal utile alternatif en un signal continu par multiplication du signal de sortie par une porteuse $p(t) = E \cos(\omega_n t)$ de même fréquence et même phase que le signal utile. En sortie du multiplieur, le signal s’écrit donc :

$$s_1(t) = V_{\text{out}}.p(t) = \underbrace{A \cos(\omega_m t).p(t)}_{s_{1,1}(t)} + \underbrace{b(t).p(t)}_{s_{1,2}(t)}$$

Enfin, on réalise un filtrage passe-bas à la fréquence f_c . On note $s_2(t) = V_{\text{MES}}$ le signal obtenu en sortie de chaîne.

2.3.1 Déterminer les deux fréquences contenues dans $s_{1,1}(t)$.

2.3.2 Représenter le spectre fréquentiel de $s_{1,1}(t)$.

2.3.3 On donne, fig.7 l’allure du spectre fréquentielle de $s_{1,2}(t)$.

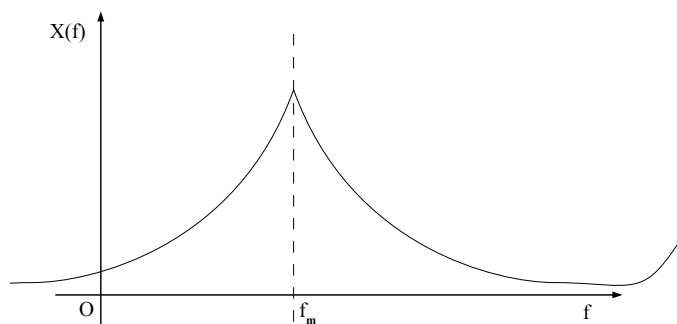


FIGURE 7 – Spectre de $s_{1,2}(t)$

Le signal utile étant contenu dans la valeur moyenne de $s_2(t)$, comment choisir la fréquence de coupure f_c du filtre passe-bas pour récupérer le signal utile en atténuant fortement le bruit $b(t).p(t)$?

Problème 2 – Piège de Paul pour des ions

Les techniques d’analyse de la matière par spectrométrie de masse occupent une place grandissante, notamment dans l’étude de composés biologiques. Après ionisation, la matière est injectée dans un système analyseur, capable de séparer les composants élémentaires en fonction de leurs masses. L’objet de cette partie est la présentation et l’étude d’un type d’analyseur : l’analyseur à piège à ions. Le principe repose sur le piégeage de la matière ionisée au voisinage d’une position d’équilibre stable. Le composant principal est un piège de Paul, mis au point dans les années 1950 par le physicien allemand Wolfgang Paul. Ce travail lui vaudra d’être récompensé par une partie du prix Nobel de physique, en 1989.

Aucune connaissance préalable d’électromagnétisme n’est nécessaire pour l’étude de ce problème.

Le piège de Paul, dont le schéma est représenté fig.8, est constitué de trois électrodes. Deux électrodes en forme de coupelles qui sont reliées à la masse d’un générateur et une électrode en forme d’anneau qui est portée au potentiel électrique U . Du fait de la forme des électrodes et de la tension électrique, les particules chargées subissent, au voisinage de O , une force qui dérive de l’énergie potentielle :

$$E_p(x, y, z) = \phi(ax^2 + ay^2 + bz^2) \quad (1)$$

où ϕ dépend de la charge de la particule et de la tension U ; et a et b sont deux constantes.

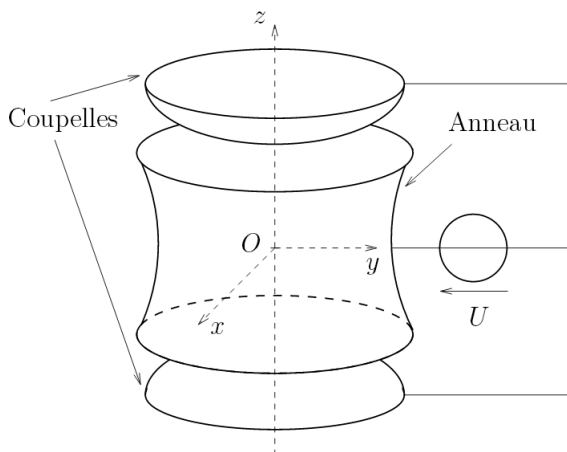


FIGURE 8 – Piège de Paul

Rappels

— Une force \vec{F} dérive d’une énergie potentielle E_p lorsque :

$$\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}}E_p$$

— L’expression du gradient en coordonnées cartésiennes dans la base $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ est donnée :

$$\overrightarrow{\text{grad}}f = \frac{\partial f}{\partial x}\vec{e}_x + \frac{\partial f}{\partial y}\vec{e}_y + \frac{\partial f}{\partial z}\vec{e}_z$$

— On rappelle le mode de calcul de la dérivée partielle d’une fonction différentiable de plusieurs variables $f(x, y, z)$. L’écriture $\frac{\partial f}{\partial y}$ signifie que seul y peut varier et que x et z sont considérés comme des constantes.

Exemple de la fonction $f : (x, y, z) \rightarrow 3x^2 + 2yz$:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 6x \quad \frac{\partial f}{\partial y} = 2z \quad \frac{\partial f}{\partial z} = 2y$$

L’objectif de l’exercice est d’apprécier les conditions de piégeage d’une particule. Dans la suite, on considère que la particule est complètement piégée si elle se comporte comme un oscillateur harmonique dans les trois dimensions de l’espace.

Dans tout le problème, l’étude est réalisée dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen.

1. Préliminaire

- 1.1 D’un point de vue dimensionnel, on a $[\phi] = MT^{-2}$. En déduire la dimension de a et b .
- 1.2 Donner trois exemples de forces qui dérivent d’une énergie potentielle ainsi que leur énergie potentielle associée. Pour l’un des exemples, démontrer l’expression de l’énergie potentielle.
- 1.3 Proposer un dispositif simple permettant de réaliser un oscillateur harmonique à une dimension.

2. Étude d’un mouvement unidimensionnel

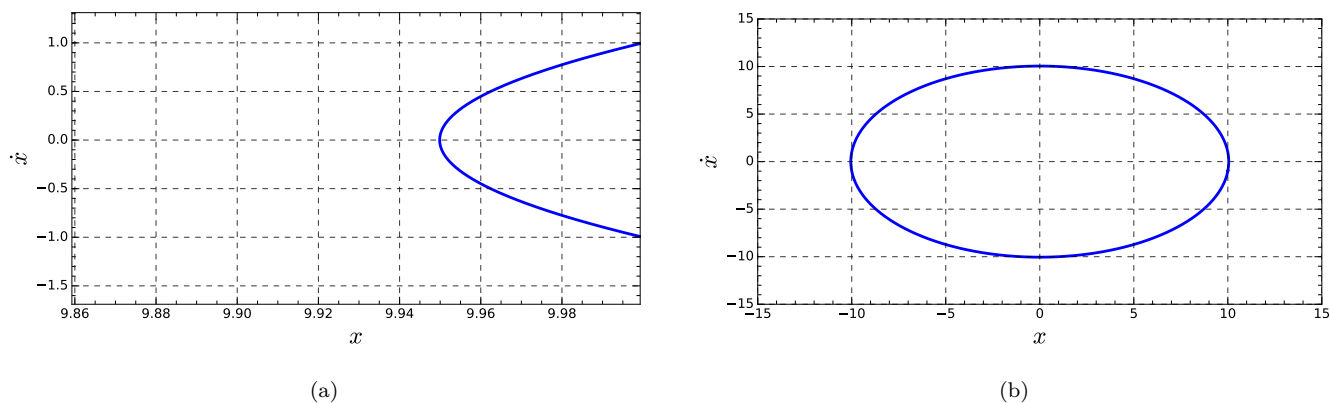
Un point matériel M de masse m se déplace le long d’un axe Ox (donc $\overrightarrow{OM} = x\vec{e}_x$), au voisinage du point O . Pour cette étude, la seule force \vec{F} à considérer dérive de l’énergie potentielle :

$$E_p(x) = Kx^2$$

où K est une constante positive ou négative.

On donne les trajectoires de phase de M fig.9.

- 2.1 Identifier les conditions initiales.

FIGURE 9 – Trajectoires de phase pour $K > 0$ et $K < 0$.

2.2 Identifier, en justifiant, quelle trajectoire de phase correspond à $K > 0$ et quelle trajectoire de phase correspond à $K < 0$.

3. Étude du régime statique appliqué à une particule de mouvement tridimensionnel

Dans cette partie, la tension $U = U_0$ est constante et il en est donc de même pour $\phi = \phi_0$. Le système étudié est un point matériel M de masse m . La seule force qu’il subit est la force qui dérive de l’énergie potentielle $E_p(x, y, z)$ (formule (1)).

3.1 Établir les trois équations du mouvement suivant \vec{e}_x , \vec{e}_y et \vec{e}_z .

3.2 On admet qu’en conséquence des équations fondamentales de l’électromagnétisme, dans ce cas statique, a et b doivent vérifier la relation :

$$2a + b = 0$$

Que peut-on déduire quant à la possibilité de piéger une particule chargée dans ce dispositif? Justifier.

4. Étude du régime dynamique appliqué à une particule de mouvement tridimensionnel

L’idée de Wolfgang Paul est de contourner cette impossibilité de piéger une particule chargée à l’aide d’un potentiel purement statique, en utilisant un potentiel oscillant de pulsation Ω , de sorte que $\phi = \phi_0 \cos \Omega t$.

4.1 Par analyse dimensionnelle, déterminer la fréquence ω_0 caractéristique du piège en fonction ϕ_0 et m .

Dans le cas où $\Omega \gg \omega_0$, on montre que tout se passe, approximativement, comme si la particule évoluait avec une énergie potentielle effective :

$$E_{p,\text{eff}} = \frac{m\omega_0^4}{16\Omega^2}(x^2 + y^2 + 4z^2)$$

4.2 Écrire les nouvelles équations différentielles vérifiées par x , y et z .

4.3 Montrer que la particule est piégée. Exprimer les pulsations d’oscillation ω_x , ω_y et ω_z selon O_x , O_y et O_z en fonction de ω_0 et Ω .

4.4 A $t = 0$, la particule est injectée en $O(0, 0, 0)$ avec une vitesse $\vec{v} = v_0(\vec{e}_x + \vec{e}_z)$. Calculer les trois fonctions $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$.

4.5 L’allure de la trajectoire de la particule est tracée fig.10. Reproduire cette figure en identifiant, en le justifiant, les axes Ox et Oz . Conclure quant à l’efficacité du piège.

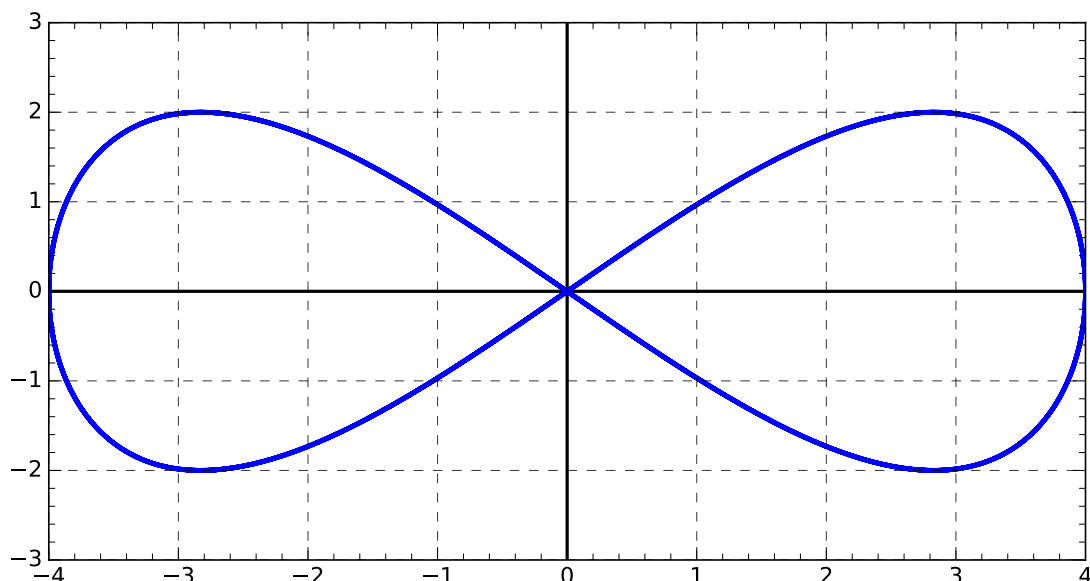


FIGURE 10 – Trajectoire de l’ion dans le piège de Paul

Problème 3 – Dosage d’une solution de peroxyde d’hydrogène (eau oxygénée)

Dans ce problème, on s’intéresse au titrage en retour d’une solution de peroxyde d’hydrogène par le complexe I_3^- .

Données :

- L’activité des espèces en solution aqueuse sera assimilée au rapport entre leur concentration exprimée en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et la concentration de référence $C^0 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Les équations bilan des réactions d’oxydoréduction en phase aqueuse seront écrites en faisant intervenir exclusivement H_2O et H_3O^+ (elles ne feront apparaître ni H^+ ni HO^-).
- Potentiels standards des couples rédox par rapport à l’électrode standard à hydrogène :
 - $E^0(H_2O_2/H_2O) = 1,77 \text{ V}$
 - $E^0(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}) = 0,09 \text{ V}$
 - $E^{\ddagger}(I_2/I^-) = 0,62 \text{ V}$
- $\frac{\ln(10)RT}{F} = 0,060 \text{ V}$ à 25°C .
- La température est égale à 25°C .
- Masse molaire de l’iodure de potassium : $M(KI) = 166,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Concentration molaire de la solution aqueuse de peroxyde d’hydrogène : $C_B = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Pour réaliser ce dosage, le mode opératoire suivant est utilisé :

- Introduire successivement dans un erlenmeyer : $V_A = 5,00 \text{ mL}$ de solution aqueuse d’acide sulfurique de concentration molaire $C_A = 2,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $m_1 = 0,500 \text{ g}$ d’iodure de potassium; $V_B = 10,00 \text{ mL}$ de solution aqueuse de peroxyde d’hydrogène de concentration molaire égale à C_B .
- Attendre 10 minutes puis doser le diiode formé au moyen d’une solution aqueuse de thiosulfate de sodium ($2Na^+$; $S_2O_3^{2-}$) de concentration molaire $C_T = 0,0500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

1. Écrire la demi-équation électronique du couple H_2O_2/H_2O dans le sens de la réduction.
2. Potentiel du couple peroxyde d’hydrogène / eau.
 - 2.1 Exprimer ce potentiel pour une solution aqueuse contenant du peroxyde d’hydrogène à la concentration molaire C_B et du pH .
 - 2.2 Calculer pour $C_B = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ la valeur numérique de ce potentiel :
 - 2.2.1 Quand le pH de la solution est égal à 2,0.
 - 2.2.2 Quand le pH de la solution est égal à 8,0.
 - 2.2.3 Pour réaliser la réduction du peroxyde d’hydrogène, vaut-il mieux se placer en milieu acide ou en milieu basique ? Justifier votre réponse.

3. Potentiel du couple diiode / iodure.

3.1 Écrire la demi-équation électronique du couple I_2/I^- dans le sens de l’oxydation.3.2 Calculer le potentiel de ce couple pour une solution aqueuse ayant pour concentrations molaires $[I^-] = 0,030 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[I_2] = 0,0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

4. Complexation du diiode par les ions iodures.

L’équation bilan traduisant cette réaction de complexation est : $I_{2(aq)} + I_{(aq)}^- = I_{3(aq)}^-$. Sa constante d’équilibre à 25 °C est $K^0 = 750$. Le diiode étant peu soluble dans l’eau (solubilité égale à $1,34 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à 25 °C) alors que I_3^- l’est, cette réaction de complexation permet, en présence d’ions I^- , d’éviter la formation de diiode solide lors de l’oxydation de I^- .

4.1 Calculer la concentration molaire $[I_3^-]$ de la solution aqueuse de la question 3.2. caractérisée à l’équilibre par $[I^-] = 0,030 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[I_2] = 0,0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.4.2 Écrire la demi-équation électronique du couple I_3^-/I^- dans le sens de l’oxydation.4.3 Calculer le potentiel standard du couple I_3^-/I^- .4.4 Écrire l’équation bilan traduisant l’oxydation des ions I^- en I_3^- par le peroxyde d’hydrogène en milieu acide.4.5 Exprimer, en fonction des potentiels standard des couples redox mis en jeu, la constante d’équilibre de cette réaction et calculer sa valeur numérique pour $pH \approx 0$.

5. Dosage par le thiosulfate de sodium

5.1 Écrire la demi-équation électronique du couple $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ dans le sens de l’oxydation.5.2 Écrire l’équation bilan traduisant la réduction des ions I_3^- , formés lors de la réaction entre le peroxyde d’hydrogène et les ions iodures, par le thiosulfate.5.3 Calculer le volume de solution de thiosulfate V_T qu’il faut verser pour réduire tous les ions I_3^- en I^- de la solution de la question 3.2.**Problème 4 – Quelques aspects thermodynamiques de l’atmosphère**

La densité de l’air atmosphérique décroît fortement avec l’altitude, ce qui fait que l’essentiel de la masse de l’atmosphère est concentrée dans la troposphère. Dans les questions suivantes, nous étudierons uniquement cette région qui s’étend jusqu’à une dizaine de kilomètres d’altitude. Le champ de pesanteur terrestre \vec{y} est supposé uniforme : $\vec{g} = -g\vec{e}_z$ où le vecteur unitaire \vec{e}_z est orienté selon la verticale ascendante. L’altitude $z = 0$ correspond à la surface des mers et océans. L’étude est menée dans le référentiel terrestre, supposé galiléen.

Données :— Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ — Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ — Masse molaire du diazote : $M_{N_2} = 28,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ — Masse molaire du dioxygène : $M_{O_2} = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ — Masse molaire de l’air : $M_a = 28,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ — Rapport des capacités thermiques massiques de l’air : $\gamma = \frac{c_P}{c_V} = 1,40$

L’air et la vapeur d’eau sont assimilés à des gaz parfaits. On note c_P la capacité thermique massique de l’air à pression constante.

1. Équilibre isotherme de l’atmosphère

On s’intéresse à l’équilibre hydrostatique de l’air dans l’atmosphère terrestre. Les valeurs de référence pour la température et la pression seront prises en $z = 0$ à $P_0 = 1,00 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ et $T_0 = 300 \text{ K}$.

1.1 On note μ la masse volumique de l’air.1.1.1 En considérant les deux principaux constituants de l’air (80% de diazote et 20 % de dioxygène), justifier la valeur de M_a .1.1.2 Montrer que l’équation d’état des gaz parfaits s’écrit $P = \mu R_a T$, où P et T sont la pression et la température absolue du gaz et R_a est une constante qui dépend du gaz. Calculer cette constante en unités SI.1.1.3 Écrire l’équilibre mécanique d’un volume infinitésimal d’atmosphère de section S situé entre les altitudes z et $z + dz$ (fig.11). A l’aide d’un développement limité à l’ordre 1 en dz , montrer que le gradient vertical de pression vaut $dP/dz = -\mu(z)g$.

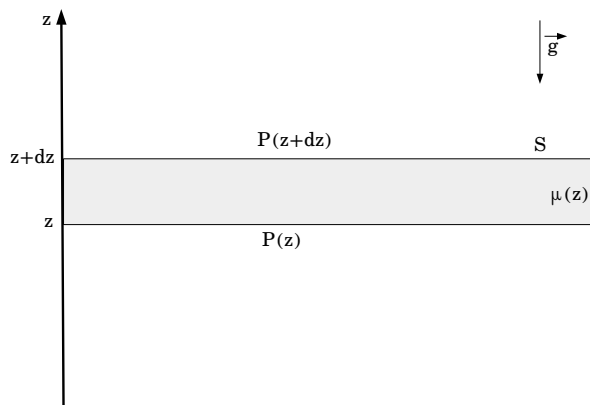


FIGURE 11 – Tranche d’atmosphère d’épaisseur dz et de section S en équilibre thermodynamique à l’altitude z .

- 1.2 Le modèle le plus simple d’atmosphère (*atmosphère isotherme*) consiste à supposer que la température est constante et égale à T_0 .
 - 1.2.1 En déduire $P(z)$. Définir une longueur caractéristique des variations de la pression et la calculer à 300 K. Donner aussi l’expression de $\mu(z)$.
 - 1.2.2 Définir une hauteur caractéristique H de variation de P et μ . Calculer la valeur numérique de H . Sur quelle épaisseur d’atmosphère peut-on supposer P et μ uniformes ?

2. Stabilité de l’atmosphère isotherme

On propose maintenant d’étudier la stabilité de l’atmosphère isotherme vis-à-vis des mouvements verticaux de l’air. On considère une parcelle d’air en équilibre mécanique et thermique à l’altitude z_0 . Cette parcelle d’air constitue un système fermé. Sa masse, son volume, sa pression, sa température et sa masse volumique sont notées respectivement m_1 , V_1 , P_1 , T_1 et μ_1 . On envisage un mouvement vertical de cette parcelle d’air qui la fait passer de l’altitude z_0 à l’altitude $z_0 + \varepsilon(t)$, avec $|\varepsilon(t)| \ll z_0$. On fait l’hypothèse que la pression de la parcelle d’air reste égale à la pression environnante à toute altitude et que, vu la faible conductivité thermique de l’air, l’évolution considérée est adiabatique et réversible. Tous les calculs seront limités au premier ordre en $\varepsilon(t)$.

- 2.1 Rappeler, pour un gaz parfait, les capacités thermiques molaires à volume constant C_{vm} et à pression constante C_{pm} , en fonction de leur rapport γ et de R . En déduire l’expression de la capacité thermique massique de l’air c_P à pression constante en fonction de γ et R_a . Faire l’application numérique.
- 2.2 Traduire l’hypothèse d’équilibre thermique et mécanique de la parcelle d’air à l’altitude z_0 , en considérant ses paramètres intensifs.
- 2.3 A l’aide d’un développement limité, exprimer la variation de pression δP_1 de la parcelle d’air lors de son déplacement vertical, en fonction de $\mu(z_0)$, g et $\varepsilon(t)$. Exprimer aussi la variation de masse volumique $\delta\mu$ de l’air environnant en fonction de $\mu(z_0)$, g , R_a , T_0 et $\varepsilon(t)$.
- 2.4 Etablir la relation liant la variation de volume δV_1 de la parcelle d’air à $P(z_0)$, $V_1(z_0)$, δP_1 et γ suivante :

$$\frac{\delta P_1}{P(z_0)} + \gamma \frac{\delta V_1}{V_1(z_0)} = 0$$

En déduire l’expression de δV_1 en fonction de $V_1(z_0)$, γ , R_a , T_0 , g et $\varepsilon(t)$.

- 2.5 Donner l’expression de la poussée d’Archimède qui s’exerce sur la parcelle d’air à l’altitude $z_0 + \varepsilon(t)$ (au premier ordre en $\varepsilon(t)$), puis l’expression de la résultante des forces.
- 2.6 Ecrire l’équation du mouvement vertical de la parcelle d’air et montrer que $\varepsilon(t)$ vérifie l’équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2\varepsilon}{dt^2} + N^2\varepsilon = 0$$

où l’on exprimera N en fonction de g , c_P et T_0 . Quelle est la dimension de N ? Calculer la valeur numérique de $2\pi/N$.

L’atmosphère isotherme peut-elle être considérée comme stable ?