BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

Le candidat traite 3 exercices : l'exercice 1 puis il choisit 2 exercices parmi les 3 proposés.

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (10 points)

LE SEL D'OSEILLE.

Le sel d'oseille est une substance chimique présente sous forme d'un solide cristallin blanc, incolore et inodore. Il était historiquement extrait de certaines plantes telles que l'oseille ou la rhubarbe. On le nomme aussi, en nomenclature officielle, l'acide éthanedioïque ou plus communément acide oxalique. Cette substance est actuellement utilisée dans l'industrie pour la création de polymères mais peut être aussi employée dans de nombreux autres domaines : produit nettoyant, répulsif à frelon en apiculture, etc.

L'objectif de cet exercice est de valider deux hypothèses sur le type d'acidité de l'acide oxalique puis dans un second temps de retrouver la formulation de cet acide dans un produit ménager.

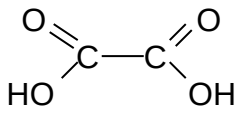
1. Première hypothèse : l'acide oxalique est un diacide fort.

Données :

- Tableau regroupant les électronégativités des atomes de carbone, d'oxygène et d'hydrogène :

	Carbone	Oxygène	Hydrogène
Électronégativité	2,55	3,44	2,20

- Formule semi-développée de l'acide oxalique :



1.1. Donner la définition d'une espèce acide selon Brönsted puis, justifier le terme diacide pour l'acide oxalique.

1.2. Représenter sur votre copie la représentation de Lewis de l'acide oxalique ainsi que celle de l'une des deux autres formes acido-basiques. Justifier le caractère acide des atomes d'hydrogène dans la molécule.

1.3. Donner les deux couples acide/base associés à l'acide oxalique puis donner la particularité de l'espèce chimique présente dans les deux couples.

Au laboratoire, on mesure la valeur du *pH* d'une solution d'acide oxalique de concentration en acide apporté C_0 égale à $5{,}00\times10^{-2}$ mol·L^{-1}. La valeur du *pH* obtenu est de 1,47.

On souhaite modéliser la transformation chimique entre l'acide oxalique et l'eau en émettant l'hypothèse que l'acide oxalique se comporte comme un diacide fort. On notera $AH_2(aq)$ l'acide oxalique et $A^{2-}(aq)$ l'ion oxalate.

1.4. Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique.

1.5. En déduire que, dans le cas de l'hypothèse précédente, la valeur de la concentration en quantité de matière en ions oxonium [H_3O^+] est égale à $1{,}00\times10^{-1}$ mol·L^{-1}. On pourra s'appuyer sur un tableau d'avancement.

Donnée :

- La concentration standard c° est égale à 1,0 mol·L^{-1}

1.6. À l'aide du résultat précédent, calculer la valeur du *pH* théorique de la solution puis, justifier l'hypothèse que l'acide oxalique est un diacide fort n'est pas valide.

2. Deuxième hypothèse : l'acide oxalique se comporte comme un monoacide faible en solution.

Données :

- La concentration en acide apporté C_0 de la solution d'acide oxalique est égale à $5{,}00\times10^{-2}$ mol·L^{-1}.
- Valeur du *pKa* de la première acidité : $pKa_1 = 1{,}2$.
- Équation de la réaction associée à la première acidité :

$$AH_2(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows AH^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

- Rappel de la valeur expérimentale du *pH* de la solution d'acide oxalique : $pH_{exp} = 1{,}47$.

2.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique de l'espèce AH^- avec l'eau associée à la deuxième acidité.

2.2. À l'aide de la figure 1, déterminer la valeur du *pKa* de la deuxième acidité de l'acide oxalique.

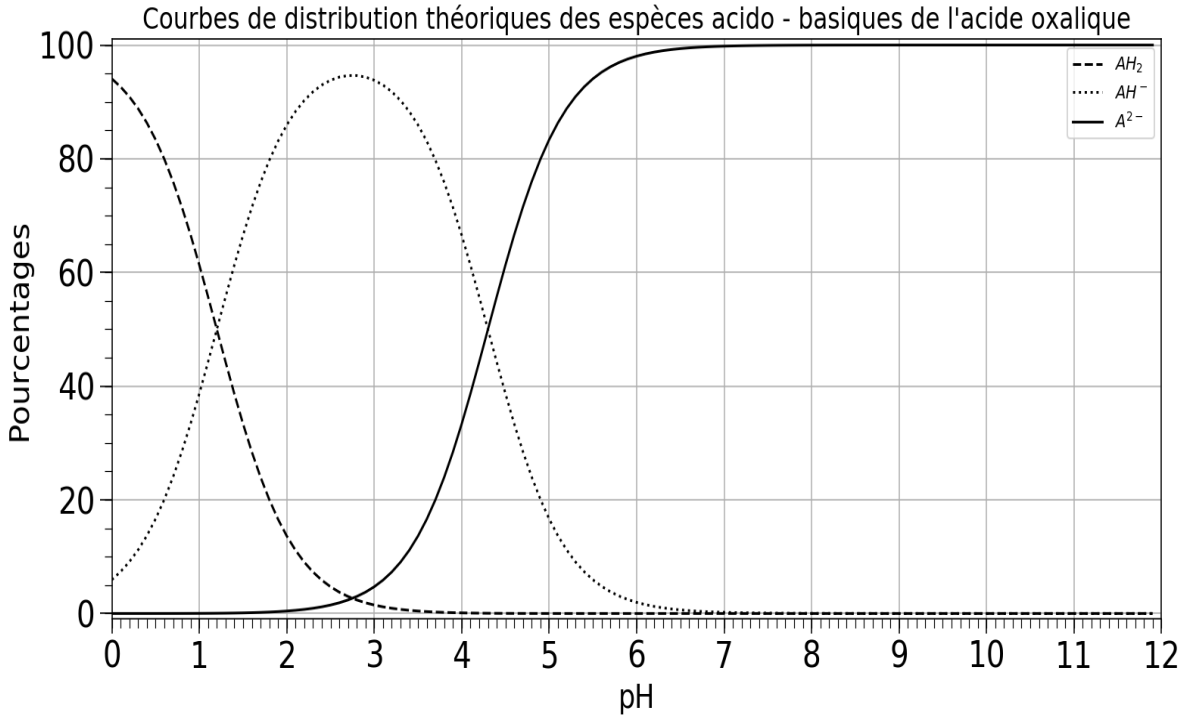


Figure 1 : Diagramme théorique de distribution des différentes espèces acido-basiques de l'acide oxalique

2.3. À l'aide de la figure 1 et de la valeur du *pH* réel de la solution, donner le pourcentage approximatif de chaque espèce présente dans la solution puis, justifier que l'on peut émettre l'hypothèse selon laquelle l'acide oxalique se comporte comme un monoacide.

Dans le cadre de cette deuxième hypothèse, nous allons essayer de retrouver la valeur du *pH* théorique de la solution.

2.4. À partir de l'équation de la réaction présentée en données, exprimer la constante d'acidité Ka_1 en fonction de la concentration des différentes espèces chimiques à l'équilibre.

2.5. À l'aide la question précédente, justifier que la concentration en ion oxonium, notée *h*, vérifie l'équation du second degré suivante :

$$h^2 + Ka_1 \cdot h - Ka_1 \cdot C_0 = 0 \quad \text{avec } h = [H_3O^+]_{eq}$$

Pour retrouver la concentration en ions oxonium, nous utilisons un code python incomplet donné en figure 2 permettant de calculer directement la concentration *h* en ions oxonium, ainsi que la valeur du *pH* théorique de la solution.

	code python
1	`import math`
2	`pKa1=float(input("pKa1 du couple : "))`
3	`concentration=float(input("Concentration apportée en mol/L : "))`
4	`Ka1=`
5	`### Coefficients du polynome du deuxieme degre`
6	`a = 1`
7	`b = Ka1`
8	`c = -Ka1*concentration`
9	`### Calcul du discriminant`
10	`Delta=b**2-4*a*c`
11	`### Solution pour [H3O+]`
12	`h=(-b +sqrt(Delta))/(2*a)`
13	`### pH final`
14	`pH = -math.log10(h)`
15	`### Ecriture des resultats`
16	`print ('h=',format(h,"3.2E"),"mol/L", '  ',"pH final :",round(pH,2))`
	résultat du code
	`h= 3.29E-02 mol/L   pH final : 1.48`

Figure 2. Code python permettant de calculer la concentration *h* en ions oxonium et la valeur du *pH* théorique de la solution.

2.6. Compléter la ligne 4 du code python par la formule permettant au programme de calculer la valeur de la constante d'acidité Ka_1.

2.7. À l'aide du résultat calculé par python et des données, justifier le fait que l'acide oxalique se comporte bien comme un monoacide faible.

3. Formulation de l'acide oxalique.

Lors de l'achat de l'acide oxalique, on peut le trouver sous deux formes différentes. Dans un cas, il peut être pur et dans l'autre, il peut se trouver sous forme dihydratée.
Un agent de laboratoire trouve un récipient contenant un solide blanc portant une étiquette avec la mention «acide oxalique» sans aucune autre précision.
Ne sachant pas si le produit est dihydraté ou non, il décide de faire un titrage par suivi pH-métrique d'une solution aqueuse de ce solide. Pour cela, il fabrique une solution connue par dissolution d'une masse d'acide oxalique m = 0,27 g avec une incertitude-type u(m) = 0,01 g dans une fiole jaugée de volume V = 100,0 mL avec une incertitude-type u(V) = 0,1 mL.

Données :

- L'incertitude u(X) sur une grandeur X lorsqu'elle est obtenue à partir d'autres grandeurs indépendantes s'écrit pour l'opération division :

$$\text{si } X = \frac{Y}{Z} \text{ alors } u(X) = X \cdot \sqrt{\left(\frac{u(Y)}{Y}\right)^2 + \left(\frac{u(Z)}{Z}\right)^2}$$

u(X) est aussi appelée incertitude-type composée pour l'opération division. Les autres incertitudes-types sont souvent issues de l'évaluation de type B (une seule mesure).

- Tableau regroupant des informations sur les deux formulations de l'acide oxalique

	acide oxalique pur	**acide oxalique dihydraté**
formule brute	$C_2H_2O_4$	$C_2H_2O_4$, $2H_2O$
masse molaire (g·mol^{-1})	90,0	126
pictogramme de sécurité		
	toxicité aigüe	toxicité
utilisation	dans l'industrie	produit ménager

3.1. Calculer la concentration en masse C_m de la solution fabriquée accompagnée de son incertitude-type u(C_m).

L'équation support du titrage est : $C_2H_2O_4 + 2\ HO^- \rightarrow C_2O_4^{2-} + 2\ H_2O$

3.2. Justifier le coefficient 2 devant l'ion hydroxyde dans l'équation de réaction.

3.3. Donner une caractéristique indispensable de la transformation chimique afin que l'on puisse l'utiliser lors d'un dosage par titrage direct.

3.4. Après avoir défini l'équivalence, donner la relation entre les quantités de matière des espèces titrée $n_{titrée}$ et titrante $n_{titrante}$ à l'équivalence.

L'agent de laboratoire prélève un volume *V* égal à 20,0 mL de la solution fabriquée précédemment. Il la titre à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière [HO^-] = 0,10 mol·L^{-1}.
La courbe de dosage par titrage pH-métrique est présentée figure 3.

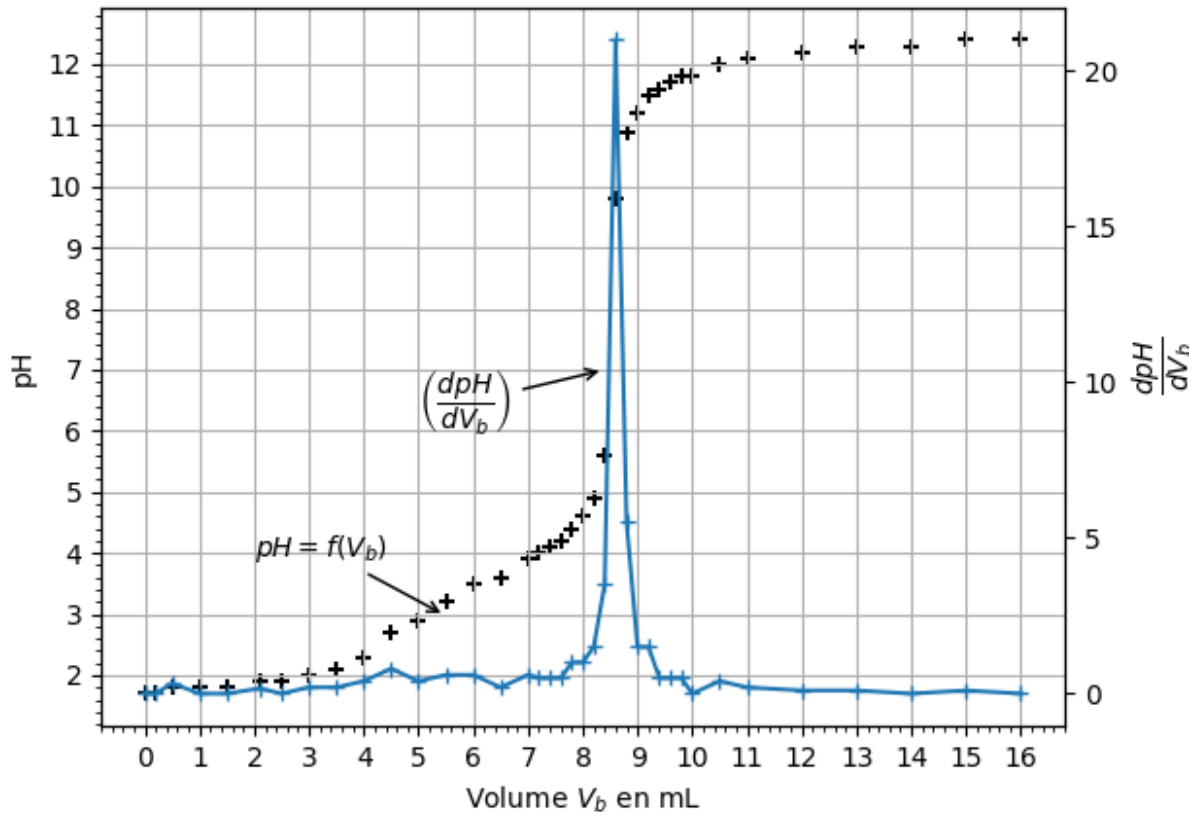


Figure 3 : Représentation graphique du *pH* et $\frac{dpH}{dV_b}$ en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium lors du titrage de l'acide oxalique par les ions hydroxyde

Données :

➢ Tableau regroupant une liste d'indicateurs colorés ainsi que leurs zones de virage

indicateur coloré	Couleur acide	Couleur basique	Zone de virage
Bleu de bromothymol	jaune	bleu	6,0 - 7,6
Rouge de crésol	jaune	rouge	7,2 – 8,8
Phénolphtaléine	incolore	rose	8,2 – 10
Hélianthine	rouge	jaune	3,1- 4,4

3.5. Proposer le nom d'un indicateur coloré convenable, ainsi que le changement de couleur obtenu lors de l'équivalence si l'agent de laboratoire avait choisi un titrage colorimétrique.

Pour la question suivante, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

3.6. À l'aide de la figure 3, déterminer la concentration en quantité de matière en acide oxalique, puis justifier si le solide initial est dihydraté ou non.

EXERCICES au choix du candidat (5 points)
Vous indiquerez sur votre copie les **2 exercices choisis** :
exercice **A** ou exercice **B** ou exercice **C**

EXERCICE A - UN CAPTEUR CAPACITIF (5 points).

Mots-clés : capacité d'un condensateur, dipôle RC, équation différentielle

Un capteur de déplacement capacitif est une famille de capteurs utilisant l'effet capacitif pour détecter une variation de faibles distances. Il est généralement réalisé avec une électrode, en forme de disque, plane entourée d'un anneau de garde isolé de l'électrode centrale. L'électrode forme avec la pièce à mesurer conductrice un condensateur plan. https://fr.wikipedia.org
La capacité d'un condensateur dépend de sa géométrie et de l'isolant entre ses armatures. Si on modifie l'un de ces deux paramètres, la capacité du condensateur va varier. On se sert donc de cette propriété pour utiliser un condensateur comme capteur.
L'objectif de cet exercice est de faire l'étude d'un dipôle RC et d'utiliser ensuite cette étude pour expliquer le fonctionnement d'un capteur capacitif.

Étude théorique de la charge d'un dipôle RC.

On réalise un circuit électrique composé d'un générateur de tension supposé idéal, d'un interrupteur, d'un dipôle ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C reliés en série. Le schéma électrique est donné figure 1.

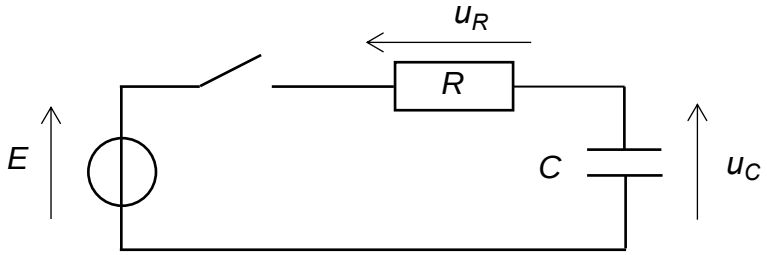


Figure 1 : Schéma électrique du circuit réalisé

L'interrupteur est initialement ouvert et le condensateur est déchargé.
À l'instant $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur et un courant d'intensité i circule dans le circuit.

1. Établir une relation entre les trois tensions électriques à l'aide de la loi des mailles, une fois l'interrupteur fermé.

2. Écrire l'expression traduisant la loi d'Ohm pour le conducteur ohmique de résistance R.

3. Écrire l'expression reliant le courant d'intensité i, la tension u_C et la capacité C du condensateur.

4. En déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur s'écrit :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

5. Vérifier que la solution est de la forme $u_C = E \times (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$.

Étude expérimentale de la charge d'un dipôle RC.

On réalise expérimentalement le montage précédent. On utilise un dipôle ohmique de résistance R égale à 330 Ω. À l'instant t = 0 s, on ferme l'interrupteur. On relève les valeurs de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.
L'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur est donnée figure 2.

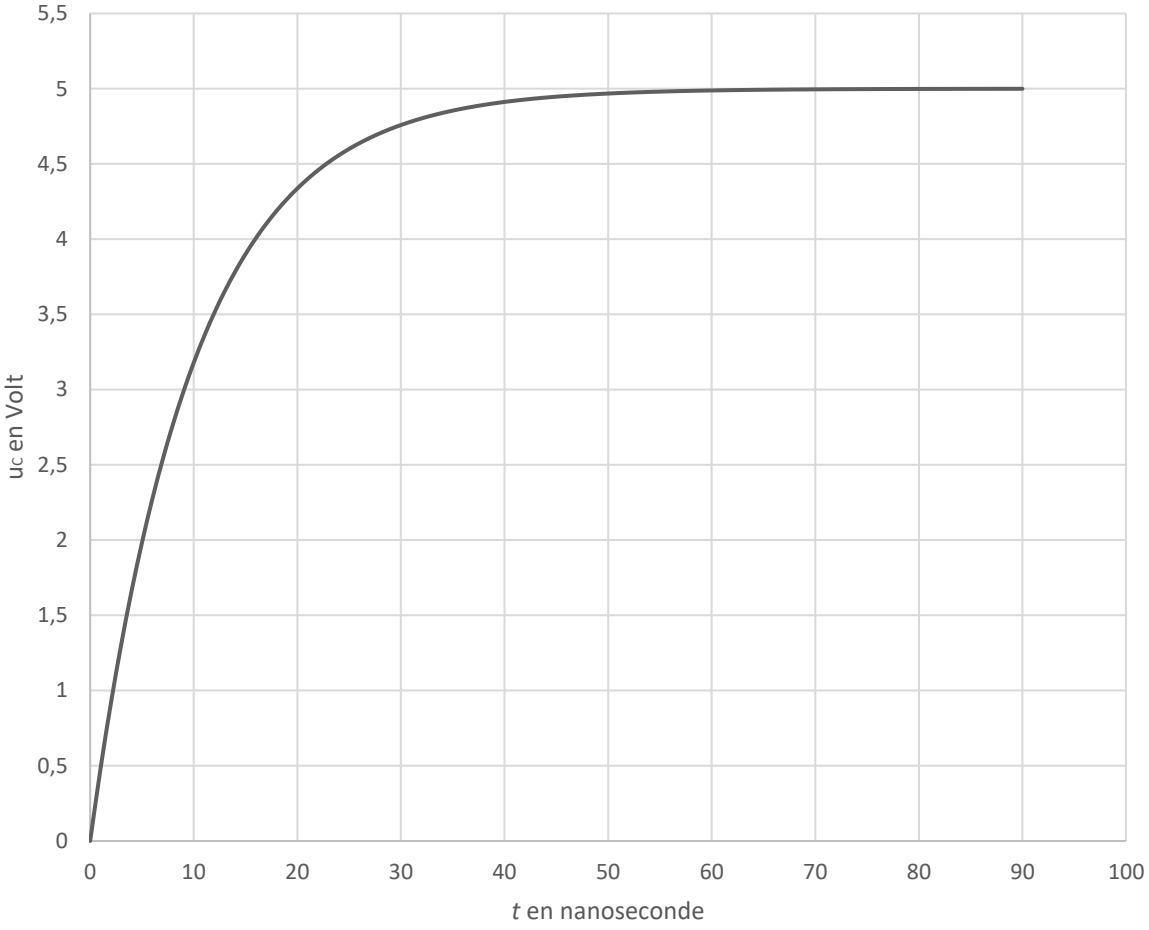


Figure 2 : Évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps

Le temps caractéristique, τ, correspond à la durée nécessaire pour atteindre 63 % de la tension finale aux bornes du condensateur.

6. Déterminer graphiquement la valeur du temps caractéristique τ.

7. Écrire l'expression reliant le temps caractéristique τ, la résistance R du conducteur ohmique et la capacité C du condensateur.

Donnée : Une nanoseconde est égale à 10^{-9} s

8. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

Étude d'un condensateur à capacité variable.

Un condensateur à capacité variable peut être réalisé avec un condensateur plan qui comporte une armature fixe et une armature mobile. Les armatures sont des plaques métalliques séparées par un isolant.

Données :

- La capacité C d'un condensateur plan est donnée par la relation : $C = \frac{\varepsilon \times S}{d}$ avec ε la permittivité de l'isolant, S la surface des armatures et d la distance entre les armatures.

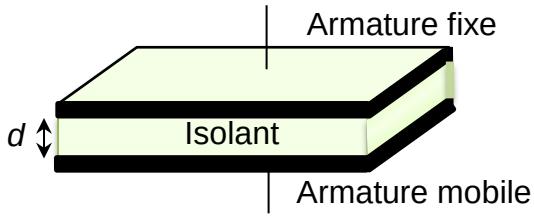


Figure 3 : Schéma d'un condensateur à capacité variable.

9. Sachant que la capacité C d'un condensateur s'exprime en farad (F), déterminer l'unité légale de la permittivité ε grâce à la relation précédente.

Dans ce condensateur à capacité variable, les surfaces S des armatures sont constantes et la permittivité de l'isolant ε reste la même. Seule la distance d entre les armatures peut être modifiée puisqu'une armature est mobile.

10. On rapproche l'armature mobile de l'armature fixe. Décrire l'évolution de la capacité C du condensateur.

Réalisation d'un capteur de position.

On souhaite coller deux plaques métalliques et contrôler l'épaisseur de colle entre les deux plaques pour éviter qu'il y en ait trop ou pas assez. Les deux plaques peuvent constituer des armatures et la colle est un isolant dont la permittivité ε est supposée constante et connue.
On utilise le circuit capacitif de la figure 4 pour contrôler cette épaisseur.

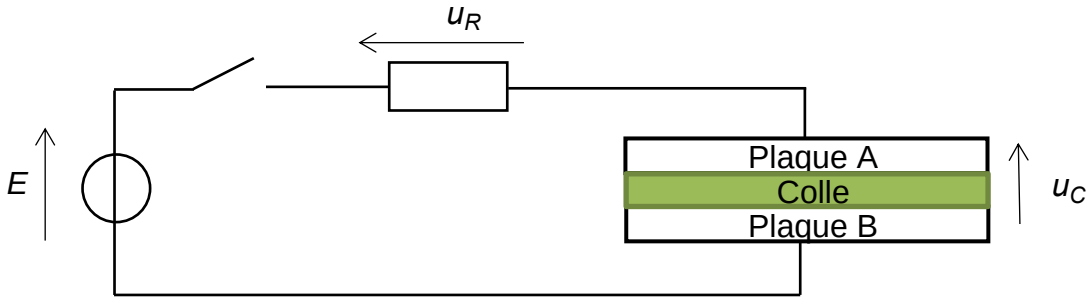


Figure 4 : Schéma du circuit de contrôle de l'épaisseur

11. Expliquer comment utiliser ce montage pour contrôler l'épaisseur de colle.

EXERCICE B - LA PLANÈTE MERCURE (5 points).

Mots-clés : lois de Kepler ; interaction gravitationnelle ; deuxième loi de Newton

Planète la plus proche du Soleil, Mercure est longtemps restée mal connue. En première approximation, sa trajectoire dans le référentiel héliocentrique peut être considérée comme circulaire. Toutefois, de toutes les planètes du Système solaire, c'est celle qui possède l'orbite la plus excentrique. Sa distance au Soleil varie en effet de 0,31 ua à 0,47 ua. La vitesse orbitale de Mercure, qui vaut en moyenne 47 km·s^{-1}, varie quant à elle entre les valeurs extrêmes 39 km·s^{-1} et 59 km·s^{-1}.

Ce n'est que récemment, entre mars 2011 et avril 2015, que la sonde américaine MESSENGER (MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry and Ranging) a pu être satellisée autour de Mercure. En complément d'autres informations précieuses, la mission MESSENGER a permis de connaître avec précision la masse de cette planète qui ne possède aucun satellite naturel.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement de Mercure autour du Soleil et le mouvement de MESSENGER autour de Mercure. Dans la première partie, on cherchera à déterminer la période de révolution de Mercure. Dans la seconde partie, on cherchera à préciser la trajectoire de MESSENGER.

Données :

- Rayon de Mercure : $R_M = 2440$ km
- Unité astronomique : 1 ua = $1{,}5\times10^{11}$ m
- Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2}

Étude de la trajectoire de Mercure.

1. Énoncer la première loi de Kepler, dite « loi des orbites ». Représenter, sans souci d'échelle, l'allure de la trajectoire de Mercure autour du Soleil. Le schéma fera apparaître la position du Soleil et le demi-grand axe de l'orbite.

2. En vous appuyant sur le schéma réalisé et sur des informations tirées du texte introductif, montrer par un calcul simple que le demi-grand axe vaut 0,39 ua.

3. Énoncer la deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires ». Appliquer cette loi pour déterminer dans quelle partie de sa trajectoire Mercure atteint la vitesse de 39 km·s^{-1}. Une justification claire, pour laquelle le schéma pourra être complété, est attendue.

La troisième loi de Kepler est souvent écrite sous la forme : $\frac{T^2}{a^3} = k$, où la constante de Kepler k évoque le mot allemand « konstante ».

Donnée :

- Constante de Kepler pour le Système solaire : $k = 2{,}9\times10^{-19}$ s^2·m^{-3}

4. Donner la signification des grandeurs T et a pour Mercure. À l'aide des données utiles et de la troisième loi de Kepler, justifier que cette planète parcourt l'ensemble de son orbite autour du Soleil en un peu moins de trois mois.

Étude de la trajectoire de MESSENGER.

Une fois satellisée autour de Mercure, la sonde MESSENGER a effectué ses orbites avec une période de révolution T_S égale à 8,00 heures. Lors de son passage au plus près de la surface de la planète, à l'altitude h égale à 200 km, la sonde possédait une accélération a_S de valeur 3,15 $m \cdot s^{-2}$. On supposera que cette accélération était uniquement due à l'attraction gravitationnelle de Mercure.

On rappelle l'expression de la force gravitationnelle exercée par un corps A de masse m_A sur un corps B de masse m_B : $\vec{F}_{A/B} = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{r^2} \cdot \vec{u}$.
Dans cette expression, $\vec{u}$ est un vecteur unitaire orienté de B vers A et r représente la distance entre les centres de masse des corps.

Pour les questions suivantes, on pourra noter m_S la masse de la sonde, M la masse de Mercure et R_M son rayon.

La figure 1 représente la sonde MESSENGER (symbolisée par son centre de masse S) se déplaçant sur une portion de sa trajectoire à l'altitude h.

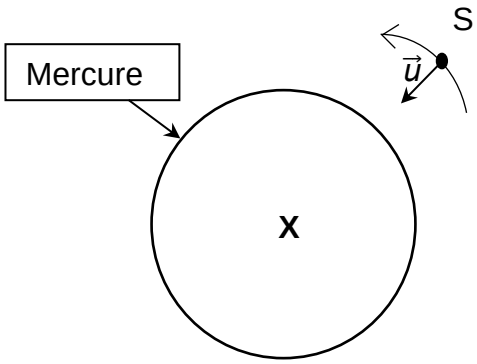


Figure 1 : La sonde MESSENGER passant au plus près de Mercure
(échelle non respectée)

5. Reproduire le schéma de la figure 1 pour le compléter en y faisant apparaître sans souci d'échelle :

- les distances R_M, h et r ;
- le vecteur force gravitationnelle exercée par Mercure sur la sonde $\vec{F}_{M/S}$;
- le vecteur vitesse $\vec{v}_S$ de la sonde ;
- le vecteur accélération $\vec{a}_S$ de la sonde.

6. Énoncer la deuxième loi de Newton, puis l'appliquer au système MESSENGER dans le référentiel mercurocentrique considéré comme galiléen. En déduire l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_S$ de la sonde.

7. À l'aide des données utiles, montrer que la valeur de l'accélération mesurée à l'altitude h permet d'attribuer à la planète Mercure une masse M égale à $3{,}29\times10^{23}$ kg.

Ses lois de la gravitation et du mouvement ont permis à Newton d'établir l'expression de la constante de Kepler pour tout corps de masse m orbitant autour d'un astre attracteur de masse M (très supérieure à m) : $k = \frac{4\pi^2}{G.M}$.

8. En appliquant la troisième loi de Kepler au mouvement de la sonde MESSENGER autour de Mercure, calculer la valeur du demi-grand axe, a, de son orbite. À l'aide de cette valeur, expliquer pourquoi la trajectoire de la sonde ne peut pas être considérée comme circulaire.

EXERCICE C - NOS OREILLES ON Y TIENT !

Mots-clés : intensité sonore ; niveau d'intensité sonore ; atténuation

Le niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels. L'échelle va de 0 à 120 dB. La limite de nocivité est située à 85 dB. Au-dessous, aucun risque auditif. Au-dessus, la nocivité augmente avec le niveau. On trouve des valeurs supérieures à 90 dB dans la vie professionnelle, les activités de loisirs (fêtes, sports mécaniques) et la musique.
D'après http://www.journee-audition.org/pdf/nos-oreilles.pdf

On peut lire dans un guide d'information de la journée nationale de l'audition l'affirmation suivante : « vous êtes exposé à 85dB et plus si, dans une file de voiture, votre voisin entend votre autoradio toutes vitres fermées. »

L'objectif de cet exercice est de vérifier l'affirmation du guide d'information.

Donnée :

➢ Le niveau d'intensité sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation :

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_o}\right)$$

avec I_o l'intensité sonore de référence en watt par mètre carré, L en décibels et I en watt par mètre carré.

Étude du son perçu par les conducteurs de deux voitures ayant les fenêtres baissées.

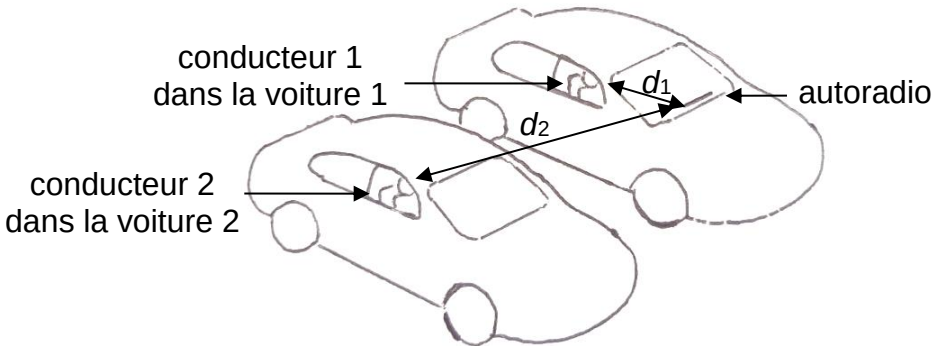


Figure 1. Schéma représentant les deux voitures côte à côte.

Dans la voiture 1, le conducteur 1 allume son autoradio. L'oreille du conducteur 1 est située à une distance d_1 égale à 1,0 m de l'autoradio. Les fenêtres de la voiture sont baissées.
Dans la voiture 2, les fenêtres sont également baissées. L'oreille du conducteur 2 est située à une distance d_2 égale à 3,1 m de l'autoradio de la première voiture.
Dans cette première partie, on considérera que l'atténuation de l'onde sonore ne dépend que de la distance entre la source et le récepteur et que la source est ponctuelle.

Donnée :

- Dans le modèle de l'atténuation géométrique et pour une source ponctuelle, l'intensité sonore I perçue à une distance d de la source est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

Avec P la puissance de l'onde sonore en watt et d la distance à la source en mètre.

1. Exprimer l'intensité sonore I_1 reçue par le conducteur 1 en fonction de la puissance sonore P et de d_1 puis exprimer l'intensité sonore I_2 reçue par le conducteur 2 en fonction de P et de d_2.

2. À l'aide des données, montrer que l'atténuation géométrique $A_{géo}$ du conducteur 1 au conducteur 2 en décibels peut s'exprimer sous la forme :

$$A_{géo} = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

3. Vérifier que l'atténuation $A_{géo}$ est égale à 9,8 dB.

Dans la suite, la valeur de l'atténuation $A_{géo}$ sera arrondie à 10 dB.

En plaçant son smartphone près de son oreille et en utilisant une application sonomètre, le conducteur 1 mesure un niveau d'intensité sonore $L_1 = (80 \pm 3)$ dB. Le conducteur 2 fait de même et mesure un niveau d'intensité sonore $L_2 = (68 \pm 3)$ dB.

4. À l'aide des mesures précédentes, calculer la valeur expérimentale A_{mesure} de l'atténuation géométrique.

Données :

- L'incertitude-type $u(A_{mesure})$ sur la grandeur A_{mesure} peut se calculer à partir de la relation :

$$u(A_{mesure}) = \sqrt{u(L_1)^2 + u(L_2)^2}$$

avec u(x) désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x

- Le z-score noté z, correspond à l'écart entre le résultat de la mesure x et la valeur de référence x_{ref} évalué en nombre d'incertitude-type.

$$z = \frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$$

Si le z-score z est inférieur à 2 alors x et x_{ref} sont considérés compatibles.

5. Calculer l'incertitude-type de l'atténuation A_{mesure}.

6. Comparer, en utilisant le z-score, l'atténuation $A_{géo}$ et l'atténuation mesurée A_{mesure} et conclure sur la compatibilité de ces deux valeurs.

Étude du son perçu par les conducteurs de deux voitures ayant les fenêtres fermées.

Dans cette partie, les deux conducteurs ferment entièrement leurs fenêtres et le conducteur 1 monte le volume de l'autoradio jusqu'à ce qu'il soit audible par le conducteur 2.

7. À l'atténuation géométrique $A_{géo}$ s'ajoute l'atténuation due à la fermeture des deux fenêtres $A_{fenêtres}$. Choisir la nature de cette nouvelle atténuation parmi les deux propositions suivantes :
- atténuation géométrique
- atténuation par absorption

Données :

- $A_{fenêtres}$= 18 dB (pour les deux fenêtres)

- Le conducteur 2 mesure maintenant un niveau d'intensité sonore L_2' égal à 63 dB.

8. Déterminer si le conducteur 1 est exposé à un niveau d'intensité sonore supérieur à la limite de nocivité.