

Classe de TS₁ et de TS₂

Devoir commun n°2

Durée 3heures et trente minutes

Elèves qui suivent l'enseignement de spécialité.

L'usage des calculatrices est autorisé.

- *Le sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.*
- *Les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres, doivent être traités.*
- ***L'exercice de spécialité sera fait sur une copie séparée.***

Exercice 1 : A propos des acides chlorhydrique et éthanoïque (8 points)

Exercice 2 :La radioactivité au service de l'archéologie (7 points)

Elèves qui suivent l'enseignement de spécialité

Exercice 3 : Réalisation d'une lunette astronomique (5 points)

Exercice 1 : A propos des acides chlorhydrique et éthanoïque (8 points)

Lycéen passionné par la chimie, Mickaël se pose beaucoup de questions...

1. Mickaël s'interroge à propos des acides...

1.1. Définir un acide selon Brønsted.

1.2. Écrire l'équation de la réaction du chlorure d'hydrogène (HCl) avec l'eau et celle de la réaction de l'acide éthanoïque (CH₃COOH) avec l'eau.

2. Mickaël se demande si deux solutions d'acides différents, mais de même concentration, ont le même pH. Il dispose d'une solution de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique) S₁ et d'une solution d'acide éthanoïque S₂ de même concentration en soluté apporté $c = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Il mesure un pH de 2,0 pour S₁ et un pH de 3,4 pour S₂. Mickaël réfléchit à l'interprétation de ces résultats...

2.1. Déterminer la concentration des ions oxonium dans chacune des solutions.

2.2. On s'intéresse maintenant à la détermination du taux d'avancement.

2.2.1. En considérant un volume $V = 1,00 \text{ L}$ de solution aqueuse d'un acide HA, de concentration molaire en soluté apporté C, dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide HA avec l'eau en le complétant avec les valeurs littérales de la concentration C, du volume V, de l'avancement x au cours de transformation et de l'avancement final x_f.

2.2.2. Déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HA avec l'eau en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire C.

2.3. En déduire les valeurs numériques du taux d'avancement final de chacune des réactions associées aux transformations donnant les solutions S₁ et S₂. Conclure.

3. Mickaël veut connaître le comportement des solutions S₁ et S₂ par rapport à la dilution.

3.1. Décrire le mode opératoire pour préparer avec précision au laboratoire 100 mL de solution fille diluée 10 fois à partir d'une solution mère.

La mesure du pH des solutions filles obtenues donne 3,0 pour l'acide chlorhydrique et 3,9 pour la solution d'acide éthanoïque.

3.2. Dans la solution obtenue après dilution, dans chaque cas, la concentration des ions oxonium a-t-elle été divisée par 10 ? Justifier.

4. Mickaël découvre une relation remarquable entre les concentrations d'espèces chimiques en solution ...

4.1. En vous aidant du tableau d'avancement, exprimer $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}}$ et $[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}}$ en fonction de C et de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$

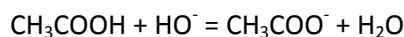
4.2. Pour la solution d'acide éthanoïque S₂ de concentration $c = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, calculer la valeur de l'expression :

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}}}$$

4.3. On refait les calculs pour la solution diluée 10 fois. On trouve la valeur de $1,7 \times 10^{-5}$. Expliquer pourquoi cette grandeur est caractéristique du couple $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$

5. Mickael découvre enfin que l'acide que contient le vinaigre est de l'acide éthanóique. Une étiquette placée sur une bouteille de vinaigre qu'il trouve dans sa cuisine indique "vinaigre à 8°". En cherchant la signification de cette indication sur internet, il apprend que 100 mL de ce vinaigre contiennent 8g d'acide éthanóique pur. Il décide de le vérifier en réalisant un titrage.

L'équation bilan de la réaction support du titrage est la suivante :



5.1. Citer une caractéristique de cette réaction pour qu'elle puisse servir de support à un dosage.

5.2 Mickael dilue 10 fois le vinaigre avant de la doser. Il réalise une prise d'essai d'un volume $V_A = 10\text{mL}$ de la solution diluée et la place dans un bécher. Il verse progressivement une solution de soude de concentration C_B qui apporte les ions hydroxyde HO^- et mesure le pH du milieu. Il trace la courbe $\text{pH} = f(V_B)$ et obtient le graphe donné en annexe :

5.2.1 Définir l'équivalence d'un dosage.

5.2.2 Déterminer le volume de solution de soude versé pour atteindre ce point d'équivalence. Faire apparaître la méthode de détermination sur le graphe en annexe.

5.2.3 Donner la relation entre la quantité de matière en acide éthanóique dans la prise d'essai et la quantité de matière en ions hydroxyde versés. On pourra s'aider éventuellement d'un tableau d'avancement.

5.2.4 Mickael trouve que la quantité de matière en acide éthanóique dans la prise d'essai est de $1,3 \times 10^{-2}$ mol. Déterminer la quantité de matière en acide éthanóique dans 100 mL de vinaigre.

5.2.5 La masse molaire de l'acide éthanóique est de $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. L'indication de l'étiquette est-elle correcte ?

Exercice 2 : La radioactivité au service de l'archéologie (7 points)

Isotope radioactif du carbone, le « carbone 14 » noté ^{14}C est formé continuellement dans la haute atmosphère. Il est très réactif et donne rapidement du « gaz carbonique » (dioxyde de carbone) qui, en quelques mois, se mélange avec l'ensemble du gaz carbonique de notre atmosphère. Il sera donc assimilé par les plantes au même titre que le gaz carbonique produit avec du carbone stable (les isotopes ^{12}C et ^{13}C). On le retrouvera donc comme constituant de la matière organique des animaux herbivores et carnivores. [...]

Vers 1950, le chimiste américain W Libby a démontré [...] que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même

rapport du nombre de noyaux de ^{14}C au nombre de noyaux de ^{12}C : $\frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$. En conséquence, un gramme de carbone

pur extrait d'un être vivant présente une activité due au ^{14}C , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à « un âge zéro ». Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une caverne), le ^{14}C « assimilé » par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison* de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du ^{14}C que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

On suppose que la valeur de 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des millénaires.

D'après une publication du CEA

1. Désintégration du « carbone 14 »

On donne les numéros atomiques suivants: $Z = 6$ pour le carbone (C) et $Z = 7$ pour l'azote (N).

1.1. Pourquoi les noyaux de symboles $^{12}_6\text{C}$ et $^{13}_6\text{C}$ sont-ils appelés isotopes ?

1.2. Donner la composition du noyau de symbole $^{14}_6\text{C}$.

1.3. Pourquoi était-il possible de prévoir le caractère instable de cet isotope du carbone ?

1.4. Le « carbone 14 » se désintègre « en azote 14 ».

Écrire l'équation de désintégration du « carbone 14 » en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité. S'agit-il d'une radioactivité α , β^+ ou β^- ?

1. Propriétés des désintégrations radioactives

2.1. Donner les caractéristiques des transformations radioactives en recopiant et en complétant les phrases des cadres suivants à l'aide des mots ou expressions proposés.

2.1.1.	La transformation radioactive d'un noyau possède un caractère
	Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique
2.1.3.	Un noyau « âgé » a de se désintégrer qu'un noyau « jeune ».
	Expressions proposées : • plus de chances • moins de chances • autant de chances
2.1.4.	L'évolution d'une population d'un grand nombre de noyaux radioactifs possède un caractère
	Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique

2.2. On propose trois expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de « carbone 14 » restant dans l'échantillon à la date t , λ étant la constante radioactive relative à la désintégration étudiée ($\lambda > 0$) :

$$(a) N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$(b) N = N_0 - \lambda t$$

$$(c) N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$$

2.2.1. Dans chacune des trois expressions ci-dessus :

- Que vaut N à $t = 0$?

- Quelle est la limite de N quand t tend vers l'infini ?

En déduire l'expression à retenir parmi les propositions (a), (b) et (c), en justifiant.

2.2.2. L'activité $A = - \frac{dN}{dt}$ à l'instant de date t est donnée par la relation $A = A_0 e^{-\lambda t}$.

Que représente A_0 ?

2.2.3. En s'aidant du texte, donner pour un échantillon de 1,0 g de carbone pur, extrait d'un être vivant, la valeur de A_0 .

2.2.4. À quel événement correspond « l'âge zéro » cité dans le texte ?

3. Datation au « carbone 14 »

Le temps de demi-vie de l'isotope $^{14}_6\text{C}$ est $t_{1/2} = 5,73 \times 10^3$ ans.

3.1. Qu'appelle-t-on temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif ?

3.2. Montrer que $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2$ à partir des réponses données aux questions 2.2.1. et 3.1.

3.3. Calculer la valeur de λ dans le cas du « carbone 14 », en gardant $t_{1/2}$ en années.

3.4. *Plusieurs articles scientifiques parus en 2004 relatent les informations apportées par la découverte d'Ötzi, un homme naturellement momifié par la glace et découvert, par des randonneurs, en septembre 1991 dans les Alpes italiennes.*

Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur. Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Ötzi et la mesure de l'activité de l'échantillon. Calculer cette durée.

3.5. *À Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de $1,2 \times 10^5$ ans (soit cent vingt mille ans).*

D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.

4. Choix du radioélément

4.1. *Pour dater des roches très anciennes, on utilise parfois la méthode potassium-argon. Le « potassium 40 », de demi-vie $1,3 \times 10^9$ ans, se transforme en « argon 40 ».*

Quel pourcentage de noyaux de « potassium 40 » reste-t-il dans une roche au bout de 4 fois le temps de demi-vie ?

4.2. *Comme il est indiqué dans le texte pour le « carbone 14 », on suppose que la teneur résiduelle minimale permettant d'effectuer une datation avec le « potassium 40 » est également de 1 % de la teneur initiale.*

En comparant l'âge de la Terre, qui est de $4,5 \times 10^9$ ans, à la demi-vie du « potassium 40 », préciser si la méthode de datation par le « potassium 40 » permet de mesurer l'âge de la Terre. Justifier la réponse.

Exercice 3 : Réalisation d'une lunette astronomique (5 points)

EXERCICE A FAIRE SUR UNE COPIE SEPARÉE

Claude, élève bricoleur et passionné d'astronomie, trouve dans son grenier une boîte contenant des lentilles de toutes sortes.

1. Une des lentilles, de plus grand diamètre que les autres est soigneusement enveloppée dans un papier de soie portant l'indication : $f' = + 125 \text{ cm}$.

1.1. Que signifie cette inscription ?

1.2. Donner la relation entre f' et la vergence C de la lentille.

1.3. Calculer la vergence de la lentille.

2. Claude mesure la distance focale des lentilles et ne conserve que celles dont la focale est inférieure ou égale à 5 cm.

2.1. Proposer une méthode rapide pour déterminer approximativement la distance focale.

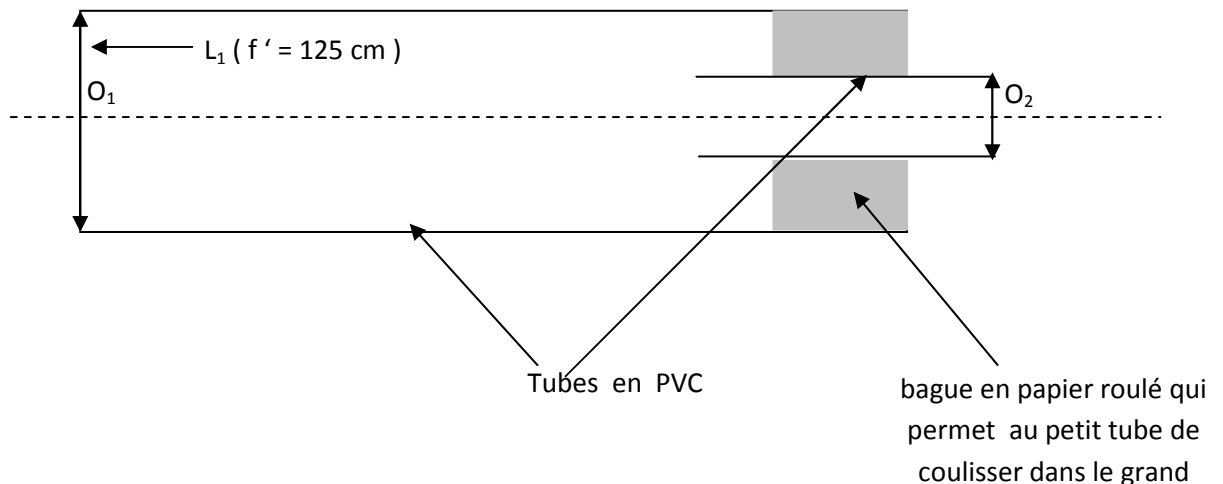
2.2. Pour déterminer avec plus de précision la distance focale d'une des lentilles, Claude place cette lentille à 10,0 cm d'un objet lumineux. Il obtient une image nette de cet objet sur un écran placé à 8,2 cm de la lentille.

2.2.1 Rappeler la relation de conjugaison de Descartes.

2.2.2 Déterminer à l'aide de cette relation la distance focale de la lentille utilisée.

3. Claude désire réaliser une lunette en utilisant la lentille de grand diamètre, appelée L_1 , de centre optique O_1 , comme objectif et la lentille dont il vient de déterminer la distance focale comme oculaire.

Soit L_2 cet oculaire de centre optique O_2 . Avant de se lancer dans la construction il réalise le plan suivant :



3.1. Pourquoi L_2 est-elle appelée « oculaire » ?

3.2. Où se forme l'image A_1B_1 d'un objet AB (Lune, planète, étoile ...) supposé à l'infini ?

3.3. A quelle distance de l'objectif cette image se trouve-t-elle ?

3.4. Cette image A_1B_1 sert d'objet pour l'oculaire qui forme une image définitive $A'B'$ observée à l'œil.

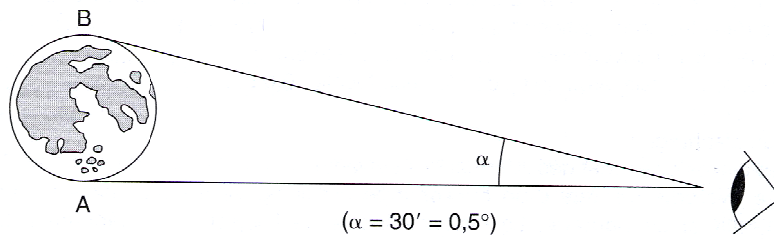
Où cette dernière image doit-elle se trouver, par rapport à l'oculaire, pour permettre une observation sans fatigue ?

3.5. A quelle distance de l'oculaire l'image A_1B_1 se trouve-t-elle de l'oculaire ?

3.6. En déduire alors la distance qui sépare les deux lentilles.

3.7. Pour réaliser le corps de sa lunette, Claude dispose de 3 tubes de même diamètre et de longueur 50 cm, 120 cm et 150 cm. Lequel doit-il choisir ? Justifier votre réponse.

4. A l'œil nu la lune est vue depuis la terre sous un angle α voisin de $30'$ ($\alpha = 30' = 0,5^\circ = 8,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$)



4.1. Sur l'annexe destinée à être rendue avec la copie, et sur laquelle la construction suivante, qui n'est pas réalisée à l'échelle, construire l'image A_1B_1 de la lune donnée par l'objectif.

4.2. 1. Où l'image définitive de la lune se trouve-t-elle ?

4.2.2. Construire cette image sur le schéma en annexe

5.1. On rappelle la relation de définition du grossissement G d'un appareil d'optique : $G = \frac{a'}{a}$

Montrer, en vous appuyant sur un schéma, que pour la lunette astronomique afocale $G = \frac{f'_1}{f'_2}$

5.2. Calculer le grossissement de la lunette construite par Claude.

5.3 Sous quel angle, α' , la Lune est-elle vue à travers la lunette construite par Claude ?

ANNEXE à rendre avec la copie :

