

Exercice 2 : Etude d'un vinaigre

On se propose d'étudier un vinaigre So dont la concentration molaire volumique en acide éthanique $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ est égale à $C_0 = 1,30 \text{ mol/L}$.

Pour cela, on prépare $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution S diluée 10 fois du vinaigre.

Données : à 25°C ,
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ $\text{pK}_{a1} = 4,8$
 $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ $\text{pK}_{a2} = 0,0$
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$ $\text{pK}_{a3} = \text{pK}_e = 14$

A) Préparation de la solution diluée S

1) a) Indiquer, en une phrase précise, le mode opératoire pour préparer S à partir du vinaigre.

b) Donner la concentration de la solution S.

2) Ecrire l'équation chimique de réaction entre l'acide éthanique et l'eau.

3) a) Exprimer le quotient de réaction à l'équilibre Q_r , éq de cette réaction.

b) A quelle grandeur particulière est-il égal ? Déterminer sa valeur.

4) A l'aide d'un pH-mètre, on mesure le pH de cette solution S, on trouve $\text{pH} = 2,8$.

a) Sur une échelle de pH, représenter les domaines de prédominance de l'acide éthanique et de sa base conjuguée.

b) Quelle est l'espèce qui prédomine dans la solution S, en déduire le rapport

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

B) Comparaison avec une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$)

1) On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique (préparée à partir de la mise en solution du gaz chlorure d'hydrogène HCl) de concentration $C' = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$. On mesure son pH et on trouve 2,8.

a) Calculer la quantité de matière en ions H_3O^+ dans un volume $V' = 100 \text{ mL}$ de solution.

b) Déterminer le taux d'avancement final de la réaction entre cet acide et l'eau.

Pour cela, compléter, avec des valeurs numériques, le tableau d'avancement N°1 sur l'annexe (à rendre avec la copie).

2) On dispose d'un volume $V = 100 \text{ mL}$ de la solution S diluée de vinaigre de concentration molaire $C_1 = 0,13 \text{ mol/L}$. Le pH de cette solution est 2,8.

Déterminer le taux d'avancement final de la réaction entre l'acide éthanique et l'eau. Pour cela, compléter, avec des valeurs numériques, le tableau d'avancement N°2 sur l'annexe (à rendre avec la copie).

3) Un acide est dit « fort », quand il se dissocie totalement dans l'eau.

Un acide est dit « faible » quand il ne se dissocie pas totalement dans l'eau.

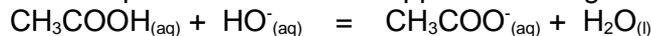
Lequel des 2 acides est fort ? lequel est faible ? Justifier.

C) Titrage pH-métrique de la solution diluée S

On prélève un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée que l'on verse dans un becher, auquel on ajoute de l'eau distillée pour immerger correctement la cellule du pH-mètre.

On réalise le dosage avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire volumique $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$. Le p H est relevé en fonction du volume V_2 de solution d'hydroxyde de sodium et on obtient la courbe p H = f(V_2) de l'annexe .

1) Retrouver l'équation de réaction support du dosage :



2) Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction et la calculer en utilisant les constantes d'acidité des couples en présence.

3) Quelle hypothèse faut-il faire sur la nature de la transformation pour que la réaction puisse servir de support de dosage ?

4) Indiquer sur la courbe p H = f(V_2) la méthode utilisée pour déterminer les coordonnées du point d'équivalence acido-basique . Vérifier que $V_{2,\text{eq}}$ est 13,0 mL.

5) Quelles sont les espèces chimiques majoritaires à l'équivalence ?

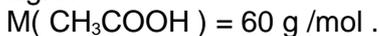
6) a) On note n_1 la quantité de matière de réactif titré (acide éthanique) initialement apporté dans le bécher et $n_{2,\text{eq}}$, la quantité de matière de réactif titrant (hydroxyde de sodium) versé à l'équivalence .

Etablir la relation liant n_1 et $n_{2,\text{eq}}$ (on pourra s'aider d'un tableau d'avancement)

b) Vérifier que la concentration C_1 en acide éthanique de la solution diluée est 0,13 mol/L.

c) En déduire la concentration C_0 .

7) Connaissant C_0 , déterminer la masse d' acide éthanique présente dans 100 mL de vinaigre.



D) Etude d'un point particulier :la demi-équivalence

On se place dans la situation où on a versé un volume d'hydroxyde de sodium représentant la moitié du volume versé à l'équivalence $V_{2\text{demi-éq}} = V_{2,\text{eq}} / 2$

1) Quelle est la quantité introduite d'hydroxyde de sodium ?

2) A l'aide d'un tableau d'avancement , déterminer la quantité d'ion éthanoate alors formé , ainsi que la quantité d'acide éthanique restant dans le milieu réactionnel (On prendra $n(\text{acide éthanique})_{\text{initiale}} = n_1 = 0,013 \text{ mol}$)

3) En déduire la valeur du pH en ce point (utiliser la relation liant p H et pKa)

Exercice 3 :Datation des séismes

La radioactivité se manifeste dans tout l'Univers. On peut utiliser les éléments radioactifs comme des horloges. Selon leur nature et leur durée de vie, ils peuvent renseigner sur l'âge de l'Univers, l'âge de la Terre, les processus géologiques et même l'histoire de l'humanité. On se propose ici de déterminer les dates de tremblements de terre qui se sont produits au cours des siècles à proximité de la faille de San Andreas en Californie.

1. Radioactivité naturelle du carbone

- 1.1. Donner la composition des noyaux atomiques suivants $^{12}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$.
- 1.2. Les deux noyaux du 1.1. sont dits isotopes. Justifier cette affirmation en définissant le mot isotopes.
- 1.3. Le carbone ^{14}C est un noyau radioactif émetteur β^- .
Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante en la justifiant en énonçant les lois de conservation. On admet que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.
- 1.4. a) Donner l'expression littérale du défaut de masse Δm d'un noyau de symbole ^A_ZX et de masse $m(^A_Z\text{X})$.
b) Calculer le défaut de masse du noyau de carbone 14, ^{14}C .
c) Ecrire la relation d'équivalence masse-énergie.
d) Calculer l'énergie de liaison, en joules, du carbone ^{14}C que l'on notera $E_l(^{14}\text{C})$.
e) Montrer que cette énergie de liaison vaut 99 MeV.
- 1.5. En déduire l'énergie de liaison par nucléon du carbone ^{14}C (en MeV par nucléon).
- 1.6. Calculer l'énergie libérée par la réaction de la question 1.3. (en joules).

Données :

- numéros atomiques : $Z(\text{Be}) = 4$, $Z(\text{B}) = 5$, $Z(\text{C}) = 6$, $Z(\text{N}) = 7$, $Z(\text{O}) = 8$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
- 1 électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- masses de quelques particules :

particule	proton	neutron	électron	noyau ^{14}C	noyau ^{14}N
masse (en kg)	$1,672\,621 \times 10^{-27}$	$1,674\,927 \times 10^{-27}$	$9,109\,381 \times 10^{-31}$	$2,325\,84 \times 10^{-26}$	$2,325\,27 \times 10^{-26}$

2. Datation par le carbone ^{14}C

Deux scientifiques, Anderson et Libby, ont eu l'idée d'utiliser la radioactivité naturelle du carbone ^{14}C pour la datation. Les êtres vivants, végétaux ou animaux, assimilent du carbone. La proportion du nombre de noyaux de ^{14}C par rapport au nombre de noyaux de ^{12}C reste constante pendant toute leur vie. À la mort de l'organisme, tout échange avec le milieu naturel cesse et les atomes de ^{14}C disparaissent peu à peu. La radioactivité décroît alors avec le temps selon une loi exponentielle, qui permet d'atteindre un ordre de grandeur de l'âge de l'échantillon analysé. On admet que le rapport entre le nombre de ^{14}C et ^{12}C est resté constant dans les êtres vivants au cours des derniers millénaires.

2.1. On note $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs d'atomes de « carbone 14 » à un instant de date t pour un échantillon et N_0 le nombre de noyaux radioactifs à un instant pris comme origine des dates ($t_0 = 0 \text{ s}$) pour ce même échantillon. On note λ la constante radioactive.

Écrire la loi de décroissance radioactive.

2.2. Temps de demi-vie et constante radioactive.

2.2.1. Donner la définition du temps de demi-vie d'un échantillon radioactif que l'on notera $t_{1/2}$.

2.2.2. Retrouver l'expression littérale du temps de demi-vie en fonction de la constante

$$\text{radioactive : } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

2.2.3. Le temps de demi-vie de l'isotope du carbone ^{14}C est $5,70 \times 10^3$ ans.
En déduire la valeur de la constante radioactive λ en an^{-1} .

2.3. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif à l'instant de date t est donnée ici par l'expression : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

2.3.1. Définir l'activité et donner son unité dans le système international.

2.3.2. En utilisant cette expression et la loi de décroissance, déduire que :

$$\frac{A(t)}{A_0} = \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} \quad \text{où } A_0 \text{ est l'activité à l'instant de date } t_0 = 0 \text{ s.}$$

3. La faille de San Andreas

En 1989, à proximité de la faille de San Andreas en Californie, on a prélevé des échantillons de même masse de végétaux identiques ensevelis lors d'anciens séismes. On a mesuré l'activité de chacun d'eux. On admet que cette activité est due uniquement à la présence de ^{14}C .

échantillons numéro	1	2	3
activités de l'échantillon (SI)	0,233	0,215	0,223

3.1. L'activité d'un échantillon de même végétal vivant et de même masse est $A_0 = 0,255$ SI. On note t la durée qui s'est écoulée entre l'instant de date $t_0 = 0$ s du séisme et l'instant de la mesure.

Déterminer la valeur t_3 qui correspond à l'échantillon n°3.

3.2. En déduire l'année au cours de laquelle a eu lieu le séisme qui correspond à l'échantillon n°3 étudié en 1989.

3.3. Pour les échantillons 1 et 2, on propose les années 586 et 1247.

Attribuer à chaque échantillon, l'année qui correspond. Justifier sans calcul.

EXERCICE 4 : Les ondes **(non spécialistes physique-chimie)**

Les parties A et B sont indépendantes

A- Ondes à la surface de l'eau

1- Une onde circulaire est générée, en un point O à la surface d'un plan d'eau, par la chute d'un petit caillou. Une brindille d'herbe, située à 30cm de O, subit 1,5 seconde après l'impact du caillou, un déplacement vertical, rapide, au passage de l'onde.

1-1-1- Donner la définition d'une onde longitudinale.

1-1-2- Qualifier l'onde étudiée.

1-2- Calculer la célérité v de l'onde.

1-3- Une seconde brindille est perturbée 2,5 s après la première.

Déterminer sa distance à O.

2- A l'aide d'un petit robinet, on fait maintenant tomber des gouttes d'eau, périodiquement, sur le plan d'eau, à raison de 120 gouttes par minute. Une onde sinusoïdale est alors créée au point O et se propage à la surface de l'eau à la célérité de $5,0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 2-1- Définir la longueur d'onde.
- 2-2- Calculer la longueur d'onde.
- 2-3- Chaque brindille d'herbe se déplace-t-elle horizontalement, à la surface de l'eau, de 20cm en 4,0s. Justifier.
- 2-4- Les deux brindilles vibrent en phase (leurs déplacements verticaux sont identiques à chaque instant). Justifier.

B- La lumière

1- Une diode laser émet de la lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda=790$ nm.

1-1- Donner la définition d'une lumière monochromatique

1-2- Quelle est la couleur de la lumière émise par la diode laser ?

1-3- La lumière émise résulte d'une transition entre deux niveaux d'énergie E_1 et E_2 (plus petit que E_1). Calculer, en électronvolts, la différence, $E_1 - E_2$

Données : célérité de la lumière dans le vide $c= 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹

constante de Planck $h=6,63 \times 10^{-34}$ J.s

1eV=1.60x10⁻¹⁹J

2-La lumière émise par la diode laser traverse une fine fente très longue, verticale et de largeur $a=0,10$ mm. Un phénomène est observé sur un écran vertical placé à une distance $D=2,0$ m de la fente.

2-1- Nommer ce phénomène.

2-2- Décrire qualitativement ce que l'on observe sur l'écran. Faire un dessin.

2-3- Donner la relation entre la longueur d'onde de la lumière émise, la largeur de la fente et l'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale observée et la première extinction.

2-4- Etablir l'expression de la largeur de la tache centrale L en fonction de D , a et λ .

2-5- Calculer L .

EXERCICE 5 : Le microscope **(SPECIALITE)**

Au cours d'une séance de travaux pratiques, les élèves doivent modéliser un microscope en utilisant le banc d'optique.

Pour cela, ils disposent du matériel suivant :

- un banc d'optique
- un objet lumineux AB de hauteur 0,5 cm
- un écran
- une lentille mince convergente L_1 de distance focale $f_1 = 5$ cm pour l'objectif
- une lentille mince convergente L_2 de distance focale $f_2 = 20$ cm pour l'oculaire

I- Étude de l'objectif

La consigne reçue par les élèves est la suivante : « Placer l'objet lumineux à 6 cm devant la lentille L_1 et observer l'image nette sur l'écran. Noter la position de l'image, sa taille et calculer le grandissement de l'objectif ».

1. Compléter le schéma 1 (échelle $\frac{1}{2}$ suivant l'axe optique et échelle 1 suivant la perpendiculaire à l'axe optique) en plaçant les foyers de la lentille et en traçant l'image A_1B_1 donnée par L_1 .

2. En utilisant la relation de conjugaison et celle du grandissement, calculer la position et la taille de l'image ainsi que le grandissement γ_1 de l'objectif.

3. Après avoir réalisé l'expérience, un élève trouve une image A_1B_1 de hauteur 2,7 cm et située à 31 cm derrière la lentille. Ces mesures sont-elles compatibles avec les valeurs calculées ? Commenter.

4. Un élève, n'ayant pas respecté la consigne, a placé l'objet à 4 cm devant la lentille. Pourquoi ne peut-il pas obtenir d'image sur un écran ?

II- Étude de l'oculaire

A_1B_1 joue maintenant le rôle d'objet pour l'oculaire.

La consigne reçue par les élèves est la suivante : « Enlever l'écran et placer la lentille L_2 de telle façon que l'image A_2B_2 donnée par L_2 soit à l'infini ».

1. Où doit-on placer la lentille L_2 pour que la consigne soit respectée ? Justifier.

2. Compléter le schéma 2 (échelle $\frac{1}{2}$ suivant l'axe optique et échelle 1 suivant la perpendiculaire à l'axe optique) en plaçant la lentille L_2 , ses foyers et en traçant la marche de deux rayons lumineux.

III- Grossissement du microscope

Dans cette partie, on pourra utiliser l'approximation $\tan \alpha \approx \alpha$ dans laquelle l'angle est exprimé en radians.

1. Calculer, en radians, la valeur de l'angle α' sous lequel l'œil voit l'image A_2B_2 , dans le cas où $A_1B_1 = 2,5$ cm.

2. Calculer l'angle α sous lequel l'objet est vu, à l'œil nu, à une distance $d = 25$ cm.

3. En déduire la valeur du grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ dans ces conditions.

4. Pour un microscope, le grossissement commercial est donné par la relation $G_c = C_2 \cdot |\gamma_1|$.
 d (C_2 étant la vergence de l'oculaire).

Montrer que le grossissement G calculé à la question 3 correspond au grossissement commercial.