BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30
Coefficient : 6

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet nécessite du papier millimétré

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1 sur 11 à 11 sur 11, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I : La mission Proxima (11 points)

L'astronaute Thomas Pesquet s'est envolé dans l'espace pour une mission de longue durée, appelée mission Proxima, lors de laquelle il a mené à bien de multiples activités scientifiques et pédagogiques. Pendant six mois, son domicile et son lieu de travail se sont trouvés à environ 400 kilomètres au-dessus de la Terre.
Thomas Pesquet a décollé à bord d'un lanceur russe Soyouz du cosmodrome de Baïkonour au Kazakhstan en novembre 2016, et est revenu sur Terre en mai 2017. Il était accompagné du cosmonaute russe Oleg Novitsky et de l'astronaute de la NASA Peggy Whitson.

D'après un site internet (Proxima - CNES)

L'exercice comporte deux parties A et B indépendantes.

A. À la rencontre de la station spatiale internationale (ISS).

Les systèmes de lanceurs Soyouz mettent des modules habités et des satellites en orbite autour de la Terre depuis près d'un demi-siècle. Ce sont les lanceurs les plus utilisés au monde.

Lors du décollage du lanceur Soyouz, quatre propulseurs d'appoint assurent la poussée pendant les deux premières minutes de vol avant d'être largués par le lanceur. Au bout d'environ dix minutes de vol, à une altitude de près de 220 km, le module Soyouz est mis en orbite autour de la Terre, puis après des corrections orbitales, il rejoint l'orbite de la station spatiale internationale à une altitude d'environ 400 km.

Données :

- rayon de la Terre : $R_T = 6380$ km ;
- altitude de l'orbite basse du module Soyouz : $h_S = 220$ km ;
- période orbitale du module Soyouz sur son orbite basse : $T_S = 88{,}66$ min ;
- altitude de l'orbite haute du module Soyouz : $H_S = 320$ km ;
- altitude de la station spatiale internationale (ISS) : $h_{ISS} = 400$ km.

L'étude est conduite dans le référentiel géocentrique ayant pour origine le centre de la Terre et dont les axes pointent vers trois étoiles lointaines. Ce référentiel est supposé galiléen.

1. Orbites du module Soyouz et de l'ISS

Au bout de 10 min de vol, le module Soyouz atteint son orbite basse considérée comme circulaire.

1.1. En utilisant la période orbitale du module Soyouz, déterminer la valeur de sa vitesse V_S sur son orbite basse.

On considère que le module Soyouz et la station spatiale internationale (ISS) ont des orbites circulaires.

1.2. Démontrer l'expression suivante en explicitant votre démarche :

$$\frac{T_S^2}{(R_T + h_S)^3} = \frac{T_{ISS}^2}{(R_T + h_{ISS})^3}$$

1.3. Déterminer la valeur de la vitesse V_{ISS} de la station spatiale internationale sur son orbite.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2. Orbite de transfert

Pour que le module Soyouz puisse rejoindre l'orbite de l'ISS des corrections orbitales sont nécessaires. On s'intéresse à présent à une première étape permettant au module Soyouz de se trouver sur une orbite haute plus proche de l'ISS.

À un instant donné, lorsque le module Soyouz passe par le point A de son orbite basse, on modifie la valeur de sa vitesse, sans changer sa direction, jusqu'à une valeur V_1. Le module Soyouz suit alors une trajectoire elliptique appelée orbite de transfert (**figure 1**).

Lorsque le module Soyouz arrive au point B de son orbite de transfert, il a une vitesse V_2. On modifie à nouveau la valeur de sa vitesse, sans changer sa direction, jusqu'à la valeur finale V_F qui permet au module de rester sur une orbite haute.

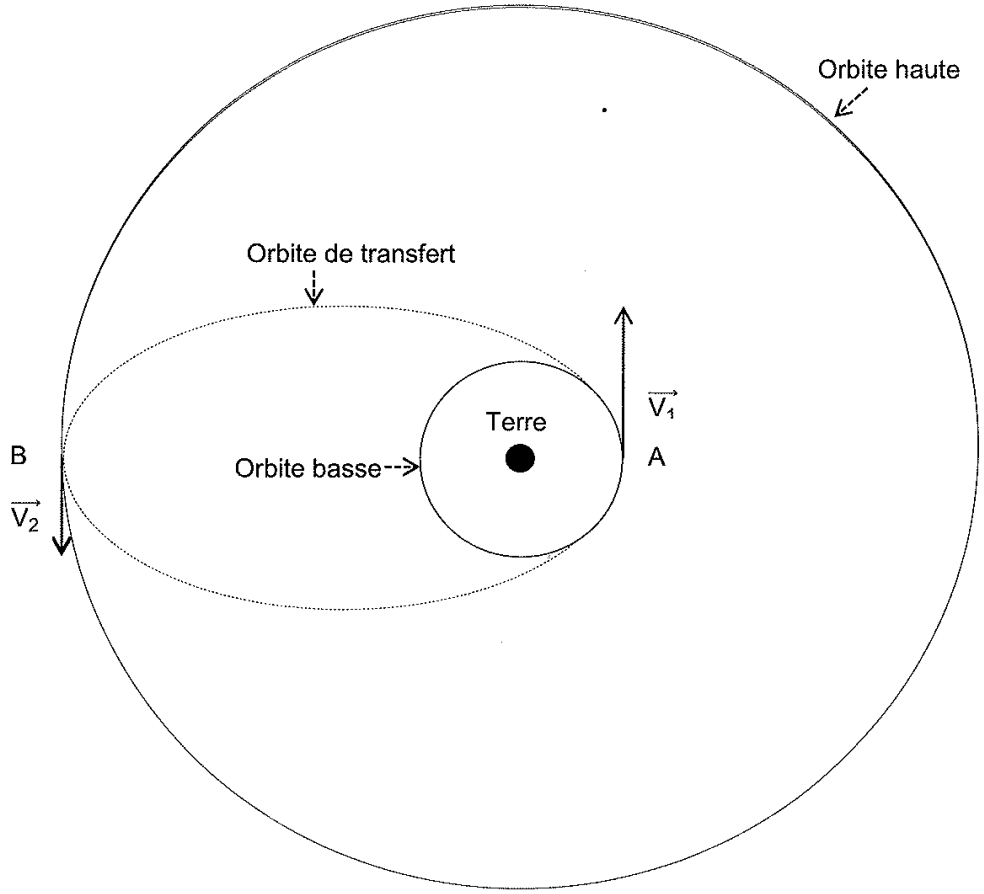


Figure 1 : Représentation de l'orbite de transfert du module Soyouz (sans souci d'échelle)

2.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler. En quoi cette loi permet-elle de montrer que $V_2 < V_1$?

L'expression de l'énergie potentielle E_p du module Soyouz, définie à une constante près, est la suivante :

$$E_P = -\frac{G \cdot m \cdot M_T}{R_T + h}$$

avec m : la masse du satellite ;
$G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3.s^{-2}.kg^{-1} : la constante de gravitation ;
$M_T = 5{,}98\times10^{24}$ kg : la masse de la Terre ;
h : l'altitude du vaisseau Soyouz.

2.2. Montrer que l'énergie potentielle $E_p\,(B)$ du module Soyouz au point B est plus grande que l'énergie $E_p\,(A)$ au point A.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.3. Justifier que l'énergie mécanique du module Soyouz sur son orbite de transfert entre les points A et B ne varie pas.

2.4. En déduire si la variation d'énergie cinétique entre A et B est positive ou négative. Ce résultat est-il en accord avec la 2ème loi de Kepler ?

2.5. Exprimer l'énergie mécanique du module Soyouz au point A en fonction de m, G, M_T, h_S, R_T et V_1.

2.6. Sachant que la valeur de la vitesse V_1, est égale à $7{,}80 \times 10^3$ m.s^{-1}, déterminer la valeur de la vitesse V_2. Ce résultat est-il en accord avec les résultats précédents ?

3. Ajustement final

Que faut-il faire ensuite pour que le module Soyouz atteigne la station spatiale ISS ?

B. Échographe télé-opéré

4. Ondes ultrasonores

L'une des expériences mise en œuvre au cours de la mission Proxima, appelée ECHO met en œuvre un échographe télé-opéré depuis la Terre.
L'objectif est d'illustrer le principe du fonctionnement d'un échographe.

Les ondes sonores ou ultrasonores sont des ondes mécaniques longitudinales.

4.1. Préciser la signification du mot longitudinale.

4.2. Citer une différence qui existe entre une onde ultrasonore et une onde sonore.

La mesure de la célérité des ondes ultrasonores dans un milieu donné peut être réalisée en laboratoire. Le principe de l'expérience peut être schématisé comme indiqué ci-dessous (**figure 2**).

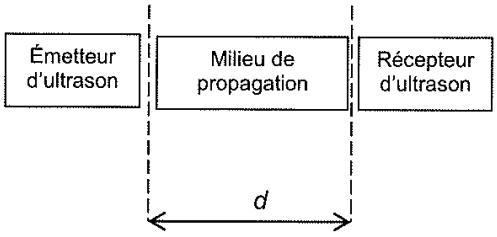


Figure 2 : Principe de l'expérience de mesure de célérité d'une onde

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

À l'instant $t = 0$ s, l'émetteur émet une salve ultrasonore. Le signal présenté à la **figure 3** est celui reçu par le récepteur lorsque le milieu de propagation est l'air.

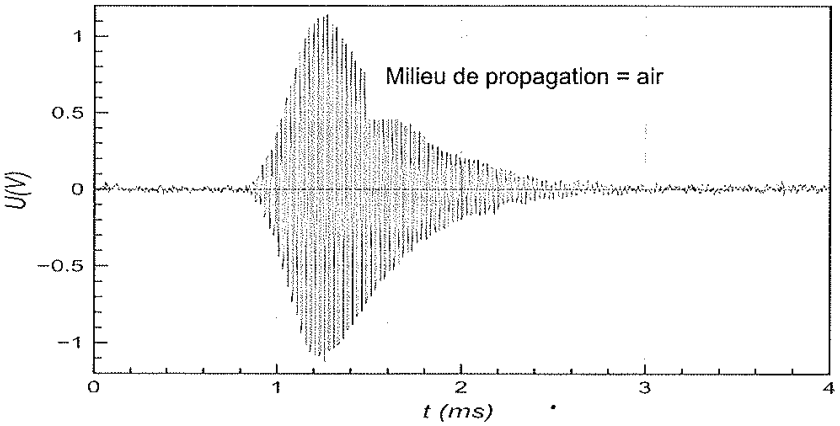


Figure 3 : Signal reçu par le récepteur (1ère expérience)

4.3. Déterminer la valeur du retard entre l'émission et la réception.

4.4. Sachant que la distance d entre l'émetteur et le récepteur vaut 30,0 cm, en déduire la valeur de la célérité des ondes ultrasonores dans ce milieu.

4.5. Commenter le résultat en regard de la nature du milieu de propagation.

5. Principe de l'échographie.

Afin de procéder à la télédétection, on place maintenant l'émetteur et le récepteur côte à côte, face à un écran réfléchissant.

L'origine des dates $t = 0$ s est encore l'instant de l'émission. Pour le signal reçu par le récepteur, on obtient le résultat visible sur **la figure 4**.

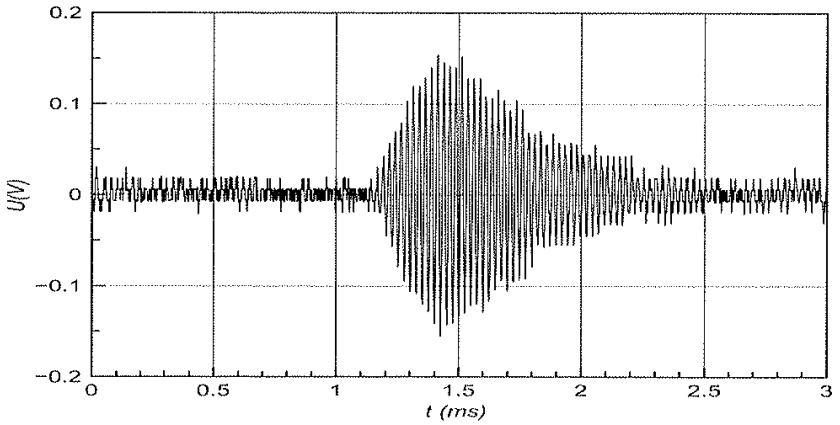


Figure 4 : Signal reçu par le récepteur (2ème expérience)

Déterminer la valeur de la distance émetteur-écran.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

6. Application de l'échographie

L'échographie est fondée sur cette méthode de télédétection. La sonde envoie des ultrasons dans le corps du patient qui sont réfléchis à chaque fois qu'ils rencontrent un changement de milieu. Ces échos peuvent alors être reçus par la même sonde.

À l'aide d'une échographie, on peut déterminer la taille d'un organe à l'intérieur d'un corps humain. La **figure 5** présente le principe de l'échographie.

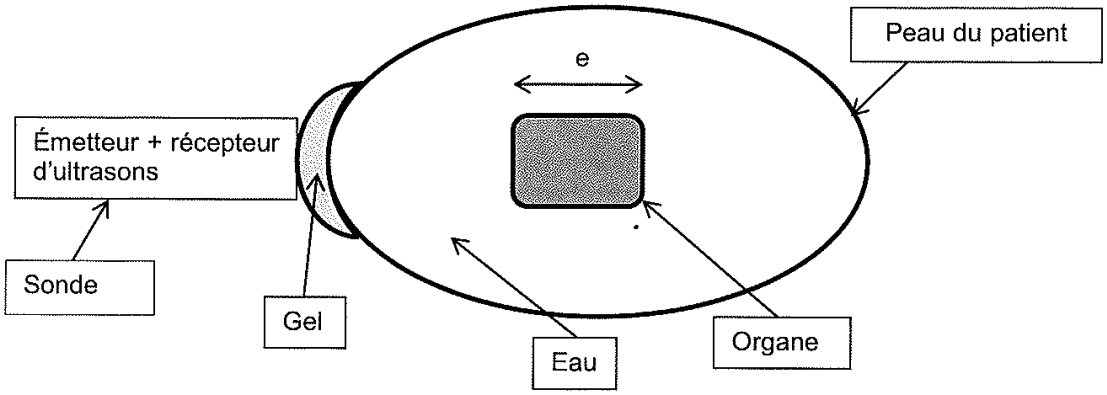


Figure 5 : Principe de l'échographie

L'épaisseur de gel est négligeable.

À l'instant $t = 0$ s, la sonde émet des ultrasons. On visualise deux échos aux instants $t_1 = 100$ µs et $t_2 = 150$ µs

6.1. À quoi correspondent les deux échos reçus par la sonde à deux instants différents t_1 et t_2 ?

6.2. Sachant que la célérité des ondes ultrasonores dans l'organe est égale à $1{,}54 \times 10^3$ m.s^{-1}, déterminer la valeur de la taille e de l'organe étudié. Commenter le résultat obtenu.

Le candidat est invité à consigner ses pistes de recherche même si celles-ci n'ont pas abouti.

EXERCICE II : LE MANIOC (4 points)

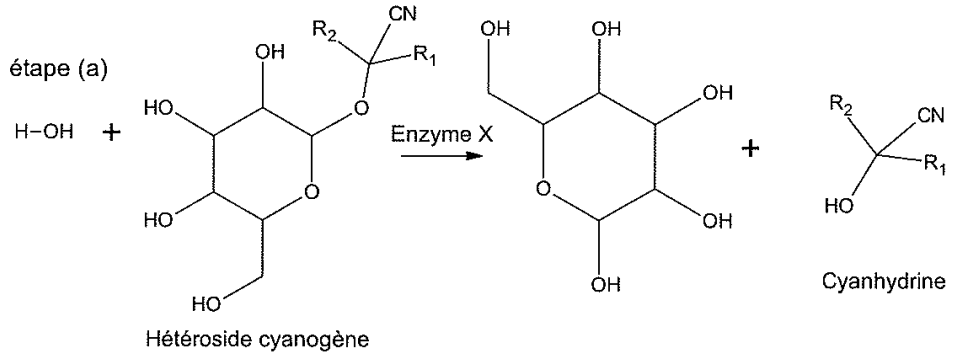
Le manioc est un arbuste qui constitue une source importante de l'alimentation des régions tropicales ou subtropicales. On consomme les racines (ou tubercules) et aussi parfois les feuilles.

La consommation de manioc nécessite une préparation soigneuse afin de lui enlever son caractère potentiellement dangereux.
En effet, le manioc contient des hétérosides cyanogènes à l'intérieur des cellules de tous ses tissus. L'altération des parois cellulaires de la plante par découpage, broyage, râpage ou macération conduit à la mise en contact des hétérosides cyanogènes avec des enzymes, ce qui provoque une réaction d'hydrolyse qui génère entre autre du cyanure d'hydrogène HCN.

Une fois au sein de l'organisme, les ions cyanure créés pendant la préparation présentent une forte affinité avec le fer de l'hémoglobine empêchant la fixation du dioxygène. Ce qui peut alors entraîner la mort.

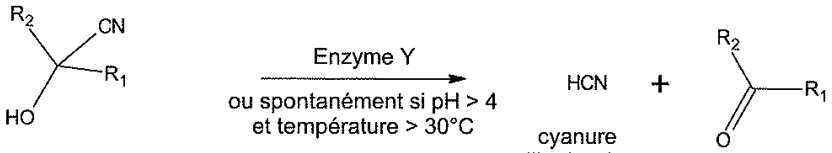
La dégradation enzymatique d'un hétéroside cyanogène se fait selon deux étapes schématisées ci-dessous :

étape (a)



Hétéroside cyanogène

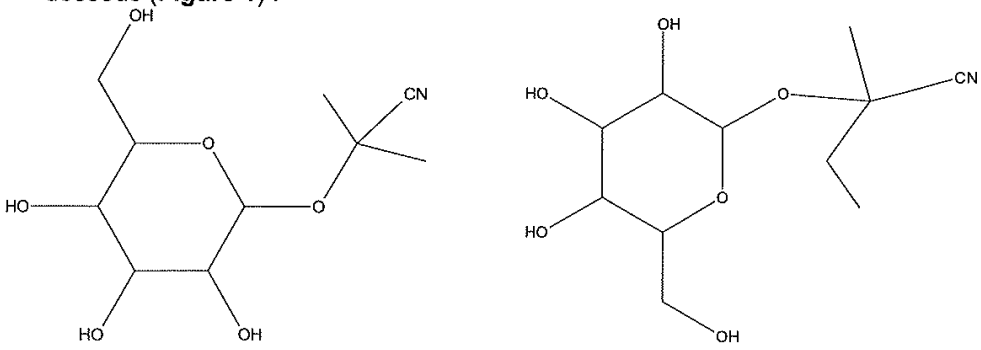
étape (b)



R_1 et R_2 représentent des groupes alkyles

Composé A

1. Parmi les hétérosides cyanogènes présents dans la racine de manioc, on trouve la linamarine et la lotaustraline dont les formules topologiques sont représentées ci-dessous (**Figure 1**) :



Linamarine — Lotaustraline

Figure 1 : hétérosides cyanogènes présents dans le manioc

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.1. Donner la formule semi-développée des deux composés A formés avec le cyanure d'hydrogène (HCN) après la dégradation enzymatique de chacun des deux hétérosides représentés sur la **figure 1**.

1.2. Le spectre RMN du composé A, obtenu très majoritairement à la fin de la dégradation enzymatique, présente un seul signal sous forme d'un singulet. Parmi les deux composés formés, identifier le composé A majoritaire. Argumenter votre réponse.

1.3. En déduire quel hétéroside est principalement présent dans la racine de manioc.

2. Titrage iodométrique des ions thiosulfate

Plusieurs kits antidotes existent pour les traitements d'urgence des intoxications par les cyanures. Un de ces kits comporte, entre autres, des fioles de solution aqueuse de thiosulfate de sodium pour injection contenant 12,5 g de thiosulfate de sodium dans 50 mL d'eau stérile (le pH est ajusté lors de la fabrication par addition d'acide borique et/ou d'hydroxyde de sodium).

L'objectif de cette partie est de proposer un protocole expérimental afin de doser les ions thiosulfate contenus dans les fioles du kit antidote.

Données :

- formule brute du thiosulfate de sodium : $Na_2S_2O_3$;
- masse molaire atomique ($g.mol^{-1}$) : $M(I) = 126,8$; $M(Na) = 23,0$; $M(S) = 32,1$; $M(O) = 16,0$;
- en présence d'empois d'amidon, seul le diiode donne une solution de couleur bleue en solution aqueuse ;
- matériel et produits disponibles : une solution aqueuse de diiode de concentration molaire $C_1 = 0,100\ mol.L^{-1}$; eau distillée ; fioles jaugées de 50,0 mL et de 100,0 mL ; pipettes jaugées de 10,0 mL et de 20,0 mL ; burette graduée de 25,0 mL ; bécher ; agitateur magnétique muni de son barreau aimanté.

En solution aqueuse, le diiode I_2 réagit avec les ions thiosulfate incolores selon la réaction d'oxydoréduction suivante :

$$I_{2(aq)} + 2\ S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow 2\ I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

2.1. Sachant que l'ion thiosulfate est un réducteur, écrire les deux couples oxydant / réducteur mis en jeu lors de cette réaction chimique.

2.2. Écrire les demi-équations associées à ces couples qui permettent de retrouver l'équation de la réaction.

2.3. Calculer la quantité de matière de thiosulfate de sodium présent dans une fiole de solution du kit antidote.

2.4. À l'aide du matériel disponible, proposer un protocole de titrage de la solution aqueuse de thiosulfate de sodium présente dans la fiole du kit antidote.

Ce protocole devra faire apparaître l'observation du repérage de l'équivalence ainsi qu'un calcul du volume de diiode versé à l'équivalence, ce dernier devant être pertinent.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter correctement la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti

EXERCICE III- LES CARACTÉRISTIQUES D'UN SOL TRUFFIER (5 points)

Il existe en France des sols favorables à la trufficulture. L'analyse des différentes caractéristiques du sol est déterminante pour juger de son aptitude à héberger des truffes.



Le but de cet exercice est d'étudier trois analyses portant sur un échantillon du sol d'un ancien vignoble afin de déterminer si celui-ci est propice à la culture des truffes.

Caractéristiques d'un sol truffier :

➢ Les truffières sont souvent implantées sur d'anciennes vignes qui ont reçu d'importantes quantités de cuivre sous forme de bouillie bordelaise (sulfate de cuivre et chaux) pendant des décennies et plus récemment des fongicides organo-cupriques. Ces traitements répétés ont pour conséquence un enrichissement en cuivre dans les couches supérieures.

Dans les sols, la teneur totale en cuivre est de l'ordre de 20 mg/kg de terre et peut varier entre 3 et 100 mg sans incidence sur la végétation. On considère qu'un sol n'est pas propice aux truffes au-delà de 100 mg d'ions cuivre par kg de sol.

D'après "La truffe, la terre, la vie " de Gabriel Callot, Collection du Labo au terrain, éditions INRA

➢ Un sol truffier est calcaire c'est à dire riche en carbonate de calcium $CaCO_3(s)$. Le pourcentage massique en carbonate de calcium $CaCO_3(s)$ d'un sol truffier doit être compris entre 20 % et 60 %.

➢ Le *pH* d'un sol truffier doit être compris entre 7,5 et 8,5.

Données à 25 °C :

➢ pK_A de couples acido-basiques :

$$pK_A(CO_2,H_2O/HCO^-_{3(aq)}) = 6,4 \text{ ;}$$

$$pK_A(HCO^-_{3(aq)} / CO^{2-}_{3(aq)}) = 10,3 \text{ ;}$$

➢ masses molaires : $M(CaCO_3) = 100,1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(Cu^{2+}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$;

1. Le pH du sol

Le *pH* des sols calcaires dépend de la réaction entre l'eau, le dioxyde de carbone et le carbonate de calcium. Lorsque le dioxyde de carbone contenu dans l'atmosphère se dissous dans l'eau de pluie, on observe au niveau du sol la réaction acido-basique suivante :

$$\text{Réaction 1 : } CaCO_{3(s)} + CO_2,H_2O \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2\,HCO^-_{3(aq)}$$

On introduit un échantillon de sol à analyser dans de l'eau distillée. Après agitation on laisse reposer puis on filtre.

La concentration molaire en ions oxonium de la solution obtenue est :

$$[H_3O^+_{(aq)}] = 1,25.10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$$

1.1 Vérifier que les conditions de *pH* sont favorables à la culture de la truffe.

1.2 Identifier, sur un axe gradué en fonction du *pH*, les domaines de prédominance des espèces acido-basiques :

$$HCO^-_{3(aq)}\ ,\ CO^{2-}_{3(aq)}\ \text{et}\ CO_2,H_2O$$

En déduire l'espèce prédominante dans la solution aqueuse de sol préparée. Ce résultat est-cohérent avec la réaction 1 ? Justifier.

1.3 Écrire l'équation de la réaction acido-basique mise en jeu entre le dioxyde de carbone dissous CO_2,H_2O et l'eau.

1.4 Expliquer comment évoluerait le *pH* du sol si la quantité de dioxyde de carbone dissous venait à augmenter ?

2. La teneur en calcaire du sol

Un test rapide permettant de savoir si un sol contient du carbonate de calcium consiste à verser un peu d'acide chlorhydrique concentré sur ce sol. Si une effervescence se produit, le sol est dit "calcaire".

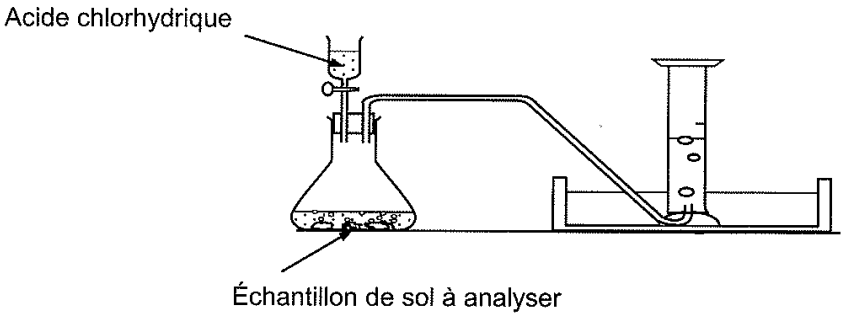
Le test peut-être modélisé par la réaction d'équation suivante :

$$CaCO_3(s) + 2\,(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}) \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2\,Cl^-_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3\,H_2O_{(l)}$$

On peut utiliser cette réaction pour déterminer la teneur en carbonate de calcium d'un sol. Pour cela, on réalise le dispositif expérimental ci-dessous. On introduit de l'acide chlorhydrique en excès ; le gaz dégagé est recueilli au moyen d'une éprouvette graduée remplie au préalable d'eau.

Le volume de gaz recueilli est V = 72 mL pour un échantillon de masse m = 1,2 g du sol à analyser.

Dans les conditions de l'expérience, le volume d'une mole de gaz est égal à 24,1 L.



2.1. Expliquer pourquoi l'acide chlorhydrique doit être introduit en excès.

2.2. La quantité de calcaire dans le sol étudié convient-elle à la culture de la truffe ?

3. La teneur en cuivre du sol

À l'aide d'une fiole jaugée de 1,00 L, on prépare une solution aqueuse avec une masse m = 500,0 g de sol à analyser. Après agitation, traitement et filtration on obtient une solution « de sol » comprenant les ions cuivre $Cu^{2+}_{(aq)}$. Les ions cuivre $Cu^{2+}_{(aq)}$ présents en solution sont dosés par spectrophotométrie.

Une série de solutions aqueuses de sulfate de cuivre ($Cu^{2+}_{(aq)}$, $SO^{2-}_{4(aq)}$) de volume V = 50,0 mL est préparée à partir d'une solution mère S_0 de concentration molaire apportée en soluté $C_0 = 1{,}0\times10^{-2}$ mol.L^{-1}.

On mesure l'absorbance A de ces solutions à l'aide d'un spectrophotomètre pour une longueur d'onde du maximum d'absorption dans l'eau de l'ion $Cu^{2+}_{(aq)}$: λ_{max} = 800 nm.
On mesure ensuite l'absorbance A_S de la solution de sol : A_S = 0,035.

Les résultats sont les suivants :

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_0
Concentration de la solution de sulfate de cuivre (mol.L^{-1})	$1,0\times10^{-3}$	$2,0\times10^{-3}$	$5,0\times10^{-3}$	$8,0\times10^{-3}$	$1,0\times10^{-2}$
Absorbance A	0,010	0,019	0,045	0,082	0,103

3.1. Proposer une liste de matériel et un protocole nécessaire pour préparer la solution S_3 à partir de la solution mère S_0. Justifier.

3.2. Déterminer la concentration molaire en ions cuivre $[Cu^{2+}_{(aq)}]$ de la solution de sol préparée.

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 clairement présentée.

3.3. En déduire la concentration massique C_{mS} (ou teneur) en ions cuivre $Cu^{2+}_{(aq)}$ dans le sol. Conclure.

4. Après ces différentes analyses, peut-on affirmer que l'échantillon de sol étudié est propice à la culture de la truffe ?