

Spécialité Physique-Chimie – JOUR 1

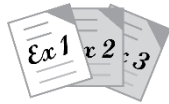
Baccalauréat « blanc » du lundi 4 mars 2024

Durée : 3h30 – calculatrice autorisée

Chacun des trois exercices est à rédiger sur une copie à part indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

EXERCICE 1 : les satellites de télécommunications « TRDS »

10 points



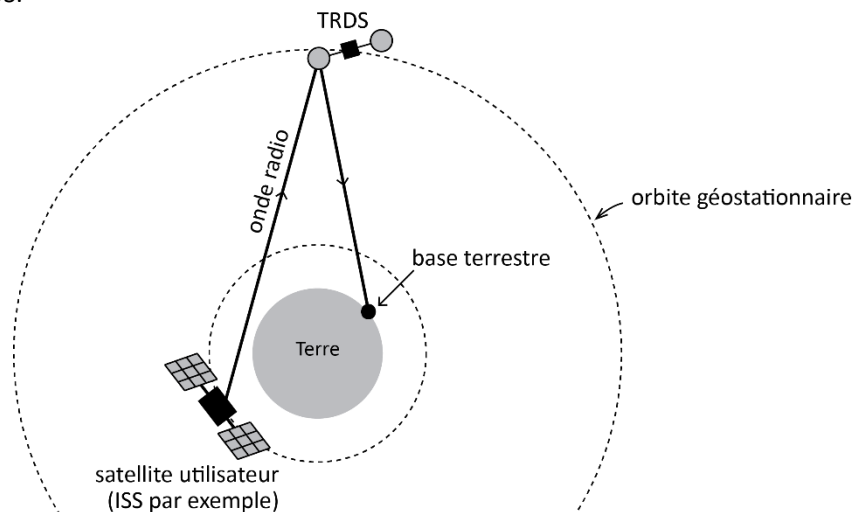
Rappel : on rend 3 copies !

Cet exercice est à rédiger **sur une copie séparée** des deux autres, indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.



Tracking and Data Relay Satellite (TDRS) (en français : satellite de suivi et de relais de données) est une constellation de satellites de télécommunications utilisée par la NASA et d'autres agences gouvernementales pour servir de station relais entre les engins spatiaux et la Terre. Ce sont notamment les TRDS qui assurent la communication entre la station spatiale internationale et la Terre. Ce sont des satellites en orbite géostationnaire et leur nombre est suffisant pour qu'à tout instant au moins l'un d'entre eux puisse à la fois communiquer avec la Terre et l'ISS.

Le principe est schématisé ci-dessous : la Terre empêche la communication directe entre l'ISS et la base terrestre : le signal radio transite donc par un TRDS.



L'objectif de cet exercice est d'étudier les propriétés de l'orbite géostationnaire, de comprendre comment un satellite peut y être placé, puis d'étudier certains aspects de la communication par les ondes radio.

Les trois parties sont indépendantes.

DONNÉES utiles à tout l'exercice

- masse de la Terre : $M_T = 5,972 \times 10^{24} \text{ kg}$
- rayon de la Terre : $R_T = 6380 \text{ km}$
- constante de gravitation universelle : $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

1^{ère} partie

Étude de l'orbite géostationnaire

On étudie dans cette partie le centre de masse S d'un satellite de la Terre de masse m_S , en orbite circulaire de rayon R , dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

1. Faire un schéma (sans souci d'échelle) représentant le centre T de la Terre, la trajectoire du satellite, une position S de son centre de masse, les deux vecteurs unitaires du repère de Frenet et la force de Gravitation $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le satellite.
2. Exprimer vectoriellement la force $\vec{F}_{T/S}$.

3. Citer puis exploiter la 2^{ème} loi de Newton pour exprimer le vecteur-accélération \vec{a} du satellite dans le repère de Frenet.
4. Rappeler l'expression générale du vecteur-accélération d'un objet en mouvement circulaire dans le repère de Frenet.
5. Exploiter les réponses 3 et 4 pour établir que :
 - s'il est circulaire, le mouvement du satellite est forcément uniforme ;
 - la valeur de sa vitesse a pour expression :

$$v = \sqrt{\frac{M_T G}{R}}$$

6. On note T la période de révolution du satellite. Exprimer le quotient T^2 / R^3 et vérifier que l'on retrouve l'une des lois de Kepler, que l'on citera.
7. Le satellite est en orbite géostationnaire si sa période de révolution est égale à une période de rotation de la Terre, soit :

$$T = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 04 \text{ s}$$

Exploiter cette valeur pour calculer le rayon de l'orbite géostationnaire et vérifier que le résultat est compatible avec cette affirmation : « tous les satellites géostationnaires gravitent à environ 36 mille km d'altitude ».

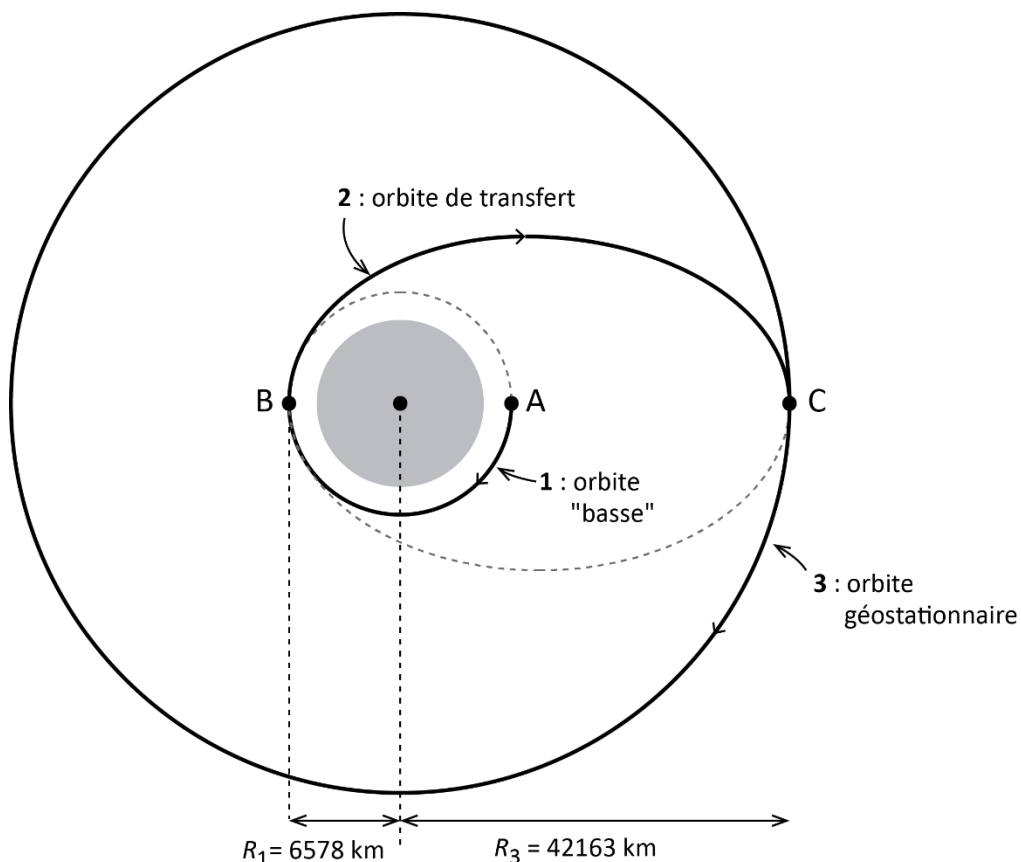
2^{ème} partie

Lancement d'un satellite géostationnaire

Attention : dans cette partie, la lettre a désigne le demi-grand-axe d'une trajectoire elliptique et non plus l'accélération du satellite (dont il ne sera plus question).

Un TRDS, comme tout satellite géostationnaire, n'est pas directement placé sur son orbite définitive. Afin d'économiser au maximum le carburant, sa mise en orbite se fait en 3 étapes :

- Il est d'abord placé sur une orbite circulaire « basse » par son lanceur (point A sur la figure ci-dessous).
- Lorsqu'il a parcouru la moitié de cette orbite basse, sa vitesse est modifiée pour rendre son orbite elliptique (point B) : il entame alors une orbite dite « de transfert ».
- Lorsqu'il atteint l'apogée de l'orbite de transfert (point C), sa vitesse est à nouveau modifiée pour rendre circulaire son orbite.



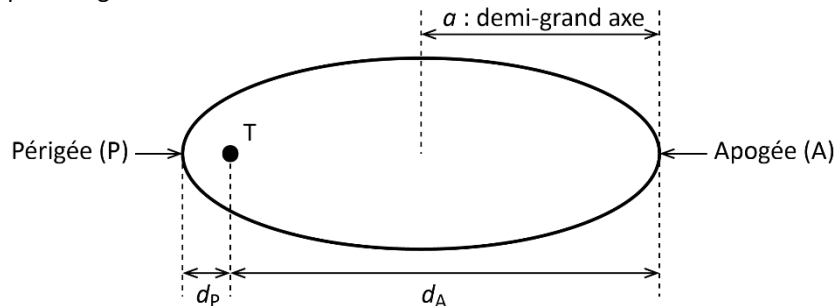
L'intérêt de cette méthode réside dans le fait que l'augmentation cumulée de vitesse (souvent appelée « delta-V ») que doit assurer le moteur embarqué par le satellite ne vaut « que » 4 km/s environ et que celui-ci ne doit être sollicité qu'à deux reprises : le « moteur » qui assure l'essentiel du trajet est ... la Terre !

DONNÉES utiles à la partie 2

- Rayon de l'orbite basse : $R_1 = 6578 \text{ km}$
- Rayon de l'orbite géostationnaire : $R_3 = 42163 \text{ km}$

DOCUMENT 1 : vitesse au périgée et à l'apogée d'une orbite elliptique

Lorsqu'un satellite de la Terre est en orbite elliptique, on appelle « périgée » sa position la plus proche de la Terre et apogée la position la plus éloignée.



Au périgée comme à l'apogée, la valeur de la vitesse du satellite s'exprime par la relation :

$$v = \sqrt{M_T G \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{a} \right)}$$

a étant le demi-grand-axe de la trajectoire elliptique et d la distance entre le satellite et le centre de la Terre (de valeur d_A à l'apogée et d_P au périgée).

8. On rappelle qu'un cercle est une ellipse particulière. Montrer que la relation du document 1, dans le cas d'une trajectoire circulaire de rayon R , permet de retrouver la relation obtenue à la question 5 :

$$v = \sqrt{\frac{M_T G}{R}}$$

9. Calculer la valeur de la vitesse du satellite, notée v_1 , sur son orbite basse (attention à bien respecter le système international d'unités).
10. Exploiter les données et le document 1 pour montrer que le demi-grand axe de l'orbite de transfert doit valoir : $a = 24371 \text{ km}$.
11. Calculer la valeur v_{B2} que la vitesse du satellite doit atteindre, en B, pour que sa trajectoire corresponde ensuite à l'orbite de transfert. Vérifier que la variation de vitesse que doit assurer le moteur en B vaut $\Delta v_B = 2,46 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.
12. Après qu'il a parcouru la moitié de son orbite de transfert (trajet BC) : la valeur de la vitesse a-t-elle diminué, augmenté ou est-elle toujours égale à ce qu'elle valait en B ? Aucun calcul n'est demandé mais la réponse sera justifiée par un schéma illustrant la loi des aires de Kepler.
13. Calculer numériquement v_{C2} (vitesse au point C sur l'orbite de transfert). Vérifier que la valeur obtenue est bien conforme à la réponse précédente.
14. Calculer enfin v_3 , vitesse du satellite sur l'orbite géostationnaire. Vérifier que les résultats obtenus sont bien conformes à ce qu'indique le préambule de cette partie : « le delta v cumulé assuré par le moteur embarqué ne vaut que 4 km/s ».

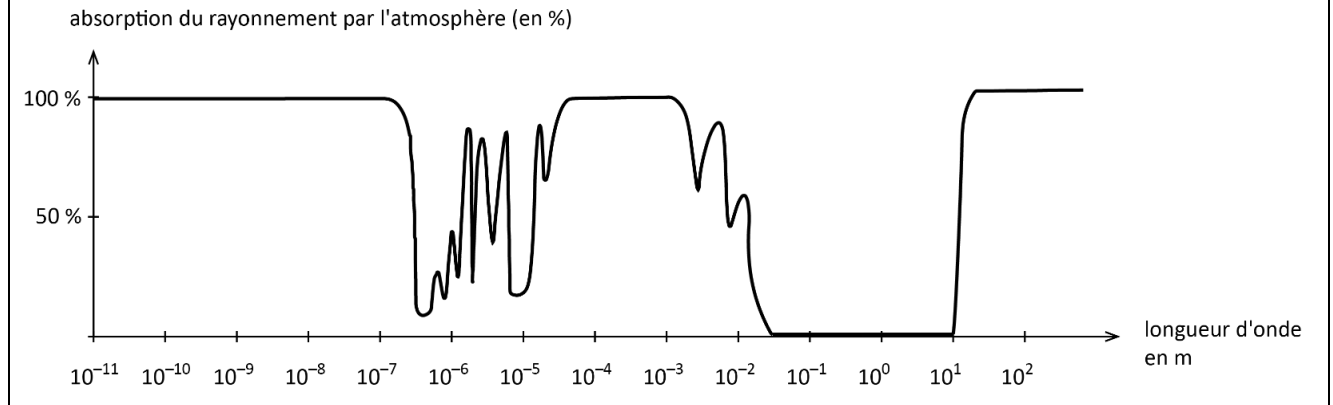
3^{ème} partie

Communication par les ondes radio

La communication assurée par les TRDS a lieu grâce aux ondes électromagnétiques de la bande S : on appelle ainsi les ondes dont la fréquence est comprise entre 2 et 4 GHz. Dans toute cette partie, on considère une onde électromagnétique de fréquence $f = 3,0 \text{ GHz}$ (NB : sans vouloir offenser le lecteur ou la lectrice, on précise que « giga » signifie « $\times 10^9$ »).

DONNÉES utiles à la partie 3

- Célérité des ondes électromagnétiques dans le vide ou dans l'air : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Fréquence de l'onde électromagnétique considérée : $f = 3,0 \text{ GHz}$

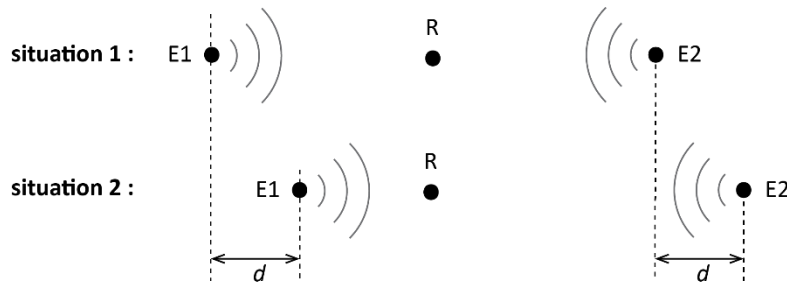
DOCUMENT 2 : absorption des ondes électromagnétiques par l'atmosphère

15. Calculer la longueur d'onde dans le vide de l'onde étudiée.

16. Exploiter le document 2 pour justifier l'emploi de ce type d'onde pour assurer la communication entre un satellite et la Terre.

La communication par ondes radio peut donner lieu au phénomène d'interférence, indésirable le plus souvent. Cela arrive notamment lorsque plusieurs émetteurs fonctionnent simultanément, ce qui est le cas avec les TRDS. Pour comprendre les conséquences que peut avoir le phénomène d'interférence, on envisage la situation simplifiée suivante :

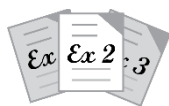
- ▶ deux émetteurs E_1 et E_2 se déplacent en ligne droite, émettent deux signaux identiques et un récepteur fixe R se trouve entre eux ;
- ▶ initialement R se trouve au milieu du segment E_1E_2 (**situation 1**) ;
- ▶ l'ensemble $E_1 + E_2$ s'est déplacé d'une distance d (**situation 2**).



17. Dans la situation 1 : justifier que l'interférence soit constructive en donnant la valeur de la différence de marche entre les deux signaux reçus.
18. Dans la situation 2 : exprimer en fonction de d la différence de marche δ entre les deux ondes reçues et en déduire la valeur minimale de d pour laquelle on obtient une première interférence destructive.
19. La situation réelle est plus complexe, le mouvement des satellites n'étant pas rectiligne et l'antenne réceptrice généralement non-alignée avec les émetteurs. Cependant la réponse précédente donne un ordre de grandeur de la distance franchie par les émetteurs lorsque l'on passe d'un signal amplifié à un signal atténué. Commenter cette valeur et montrer qu'elle justifie l'utilisation d'antennes sélectives et orientables pour capter les signaux des TRDS :



station terrestre en communication avec un TRDS

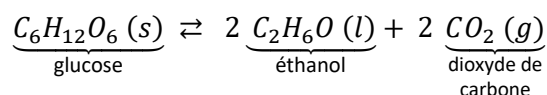
EXERCICE 2 : c'est gonflé !**5 points****Rappel : on rend 3 copies !**Cet exercice est à rédiger **sur une copie séparée** des deux autres, indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

Une bonne pizza est caractérisée par une pâte tendre, élastique et facilement pliable. Pour obtenir ces caractéristiques, chacun sait que la préparation de la pâte est cruciale, et notamment la phase de levée qui lui permet de gonfler. Pendant cette étape qui a le défaut d'être particulièrement lente, la pâte « s'aère » et les arômes se développent.

Les ingrédients de base d'une pâte à pizza sont la farine et l'eau, auxquels on ajoute une petite quantité de sel et de levure de boulanger. Cette dernière permet la dégradation des différents sucres présents (saccharose, glucose et maltose notamment) non seulement en dioxyde de carbone mais aussi en de nombreux composés aromatiques (dont des aldéhydes) responsables du goût de la pâte.

Une des principales transformations chimiques responsables de la dégradation du glucose est la fermentation éthanolique, qui produit de l'éthanol (qui s'évapore) et du dioxyde de carbone.

Cette transformation est modélisée par une réaction dont l'équation est la suivante :



D'après H.-D. Belitz, W. Grosh, P. Schierberle, Food Chemistry 4th ed., Springer

On considère dans cet exercice que la fermentation éthanolique est la seule transformation responsable de la dégradation du glucose.

L'objectif de cet exercice est d'étudier les caractéristiques cinétiques de la fermentation éthanolique afin de déterminer certaines conditions permettant de diminuer la durée de levée de la pâte.

1^{ère} partie**Suivi temporel de la fermentation éthanolique**

On réalise au laboratoire un suivi de la réaction de fermentation éthanolique d'une pâte à pizza à deux températures distinctes : $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_2 = 15^\circ\text{C}$. Pour cela, on prélève toutes les dix minutes un échantillon de pâte et on analyse chimiquement la teneur en glucose résiduel dans l'échantillon.

Pour chaque expérience, la concentration initiale en glucose est égale à : $[\text{glucose}]_0 = 50,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Les courbes d'évolution temporelle de la concentration en glucose sont représentées en Figure 1 de l'Annexe à rendre avec la copie.

1. Indiquer en justifiant si la fermentation éthanolique est une transformation totale ou non-totale.
2. En vous appuyant sur l'équation de la réaction modélisant la fermentation éthanolique, justifier le gonflement de la pâte lors de la phase de levée.
3. Définir le temps de demi-réaction d'une transformation.
4. Déterminer les valeurs du temps de demi-réaction pour chaque expérience en explicitant la démarche suivie. Comparer les deux valeurs obtenues et interpréter le résultat.

2^{ème} partie

Étude cinétique de la fermentation éthanolique

On souhaite déterminer si la fermentation éthanolique suit une loi de vitesse d'ordre 1. L'étude cinétique est uniquement réalisée à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$.

5. Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition du glucose $v_{\text{disp}}(\text{glucose})$ en fonction de la concentration en glucose $[\text{glucose}](t)$ et expliquer comment il est possible de déterminer graphiquement cette vitesse à une date t en utilisant le graphique de la Figure 1 de l'Annexe à rendre avec la copie.
6. Déterminer (en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) la vitesse volumique de disparition du glucose $v_{\text{disp}}(\text{glucose})$ à la date $t = 0 \text{ min}$. Faire figurer le trait de construction utile à cette détermination sur la Figure 1.
7. Compléter le Tableau de l'annexe à rendre avec la copie.
8. Sur le graphique de la Figure 2 de l'Annexe à rendre avec la copie, tracer la courbe représentant l'évolution de la vitesse volumique de disparition du glucose $v_{\text{disp}}(\text{glucose})$ en fonction de la concentration en glucose $[\text{glucose}](t)$.
9. La courbe obtenue est-elle en accord avec une loi de vitesse d'ordre 1 ? Une justification détaillée de la réponse est attendue.

3^{ème} partie

Conditions à remplir pour réduire la durée de levée de la pâte

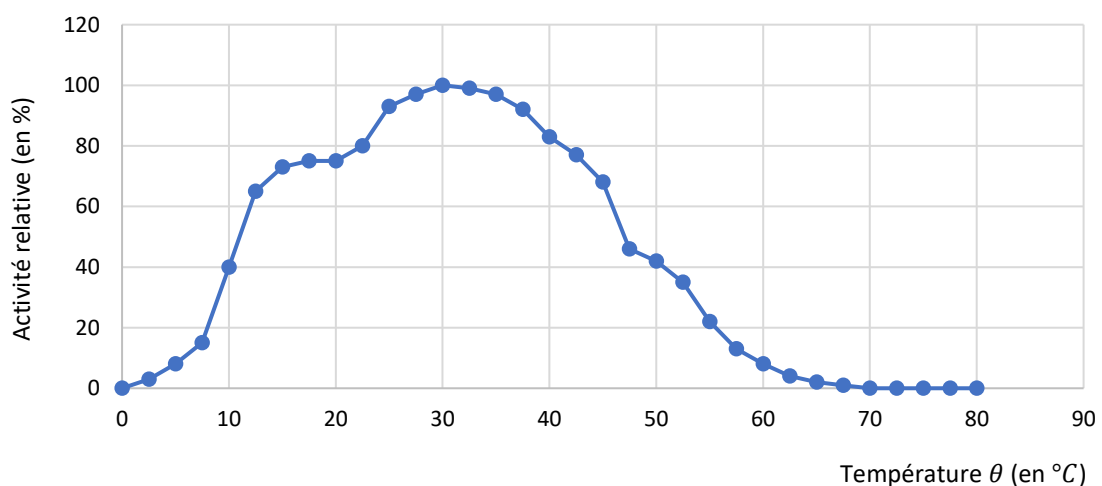
La levure de boulanger est composée de plusieurs souches d'un champignon unicellulaire appelé *Saccharomyces cerevisiae*. Les protéines de ce champignon sont des enzymes permettant d'accélérer la dégradation du glucose.

Une expérience réalisée à $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ sans utiliser de levure de boulanger montre que la pâte ne lève pas, même au bout de plusieurs heures.

DOCUMENT : Influence de la température sur l'activité enzymatique de la levure de boulanger

L'activité enzymatique relative de la levure de boulanger correspond au rapport de l'activité des enzymes contenues dans la levure sur leur activité maximale.

On représente dans le graphique ci-dessous l'activité enzymatique relative de la levure de boulanger en fonction de la température :



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

10. Donner la définition d'un catalyseur.
11. Montrer que la levure de boulanger est un catalyseur de la réaction de fermentation éthanolique. Quel est le type de catalyse mis en jeu ?
12. En déduire les conditions à satisfaire pour minimiser la durée de levée de la pâte.

EXERCICE 3 : mes tomates sont-elles « bio » ?**5 points****Rappel : on rend 3 copies !**Cet exercice est à rédiger **sur une copie séparée** des deux autres, indiquant la classe et le nom du professeur de physique-chimie du candidat.

Dans son jardin de 10m^2 , un jardinier amateur débutant, souhaite protéger ses pieds de tomates contre le mildiou, maladie connue et classique. Il prépare pour cela de la « bouillie bordelaise » : il s'agit d'un mélange de chaux éteinte et de sulfate de cuivre dissous dans l'eau (voir document 1). Seulement, comme il n'a pas de matériel pour préparer sa solution, il verse une masse inconnue (prise au hasard) de poudre dans son pulvérisateur de 10 L, qu'il complète avec de l'eau. La solution qu'il obtient sera appelée « solution S » dans tout l'exercice.

Le jardinier utilise en totalité la solution S au cours de la pousse de ses plans de tomates. Il est fier de servir à ses amis ses propres tomates et déclare qu'elles sont « bio »... mais a-t-il raison ?

Pour le savoir, on étudie se proposer d'étudier et de critiquer deux méthodes possibles pour déterminer la concentration en quantité de matière d'ions hydroxyde HO^- (aq) et celle des ions cuivre Cu^{2+} (aq) dans la solution de bouillie bordelaise S.

**DOCUMENT 1 : la bouillie bordelaise**

Connue par de nombreux jardiniers pour son action sur certaines maladies des végétaux, notamment le mildiou, la bouillie bordelaise se repère à sa caractéristique teinte bleue. Bien que son utilisation ne soit pas anodine pour tout ce qui est vivant, elle est autorisée en agriculture biologique et dans tous les jardins, à condition de la doser avec modération.

On trouve sur la boîte de bouillie bordelaise les informations suivantes :

Composition

- Sulfate de cuivre (CuSO_4) 50%
- Chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 50%

Précautions d'emploi : voir ci-contre l'étiquette d'une boîte de bouillie bordelaise de marque Fertiligène®.



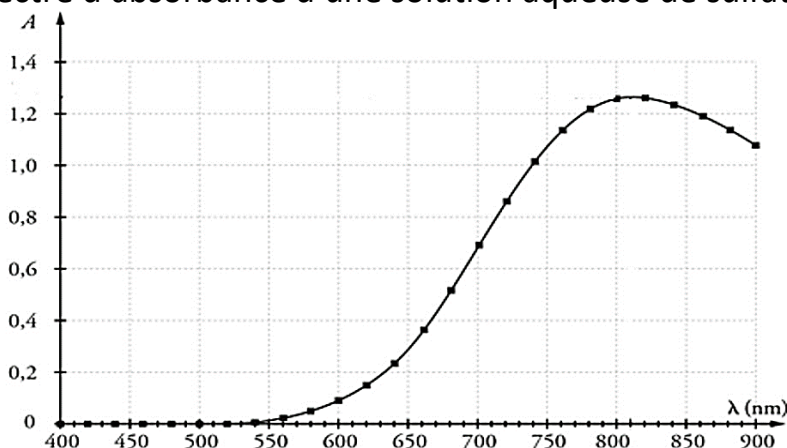
DANGER

• H318 : Provoque de graves lésions des yeux. • H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme. • EUH401 : Respecter les instructions d'utilisation pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement. • P101 : En cas de consultation d'un médecin, garder à disposition le récipient ou l'étiquette. • P102 : Tenir hors de portée des enfants. • P103 : Lire l'étiquette avant utilisation. • P270 : Ne pas manger, boire ou fumer en manipulant ce produit. • P273 : Éviter le rejet dans l'environnement. • P280 : Porter un équipement de protection des yeux / du visage. • P305+P351+P338 : EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX : rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer. • P391 : Recueillir le produit répandu. • P501 : Éliminer le contenu et récipient dans une déchetterie ou par un organisme agréé. • Sp1 : Ne pas polluer l'eau avec le produit ou son emballage.

En cas d'urgence, appeler le 15 ou le centre anti-poison.

DOCUMENT 2 : norme de l'agriculture biologique

La bouillie bordelaise est autorisée dans l'agriculture biologique, sous condition d'une quantité limitée par surface et par période : au maximum, sont autorisés **6 g par m^2 et par an**.

DOCUMENT 3 : spectre d'absorbance d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1^{ère} partie

Détermination de la concentration en ions hydroxyde

Relations utiles à la partie 1

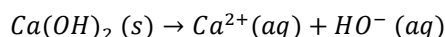
- La concentration en ions hydroxyde HO^- dans une solution aqueuse est reliée à celle des ions oxonium H_3O^+ par la relation :

$$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]}$$

- L'incertitude-type de la concentration des ions HO^- calculée à partir d'une valeur de pH mesurée s'estime par la relation :

$$u([HO^-]) = [HO^-] \times 2,3 \times u(pH)$$

La chaux éteinte réagit avec l'eau suivant la réaction de dissolution suivante :



Le but de cette partie est de déterminer la concentration des ions hydroxyde HO^- à l'aide d'une mesure de pH.

- Donner la définition d'un acide et celle d'une base au sens de Brönsted
- Parmi les produits de la réaction, identifier celui qui a des propriétés basiques.
- Déterminer le couple acide/base auquel il appartient.
- Donner la relation reliant le pH et la concentration en ions oxonium et en déduire l'expression suivante de la concentration des ions hydroxyde :

$$[HO^-] = c_0 \times 10^{13-14}$$

$c^0 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ étant la concentration de référence.

Le pH de la solution de bouillie bordelaise est mesuré au papier pH. On trouve : $pH = 13$.

L'incertitude-type d'un pH mesuré avec le papier-pH est estimée à : $u(pH) = 1$.

- Calculer numériquement la concentration des ions hydroxyde et estimer son incertitude-type $u([HO^-])$. En comparant les ordres de grandeur de ces deux valeurs, critiquer cette méthode de détermination de la concentration en ions hydroxyde.

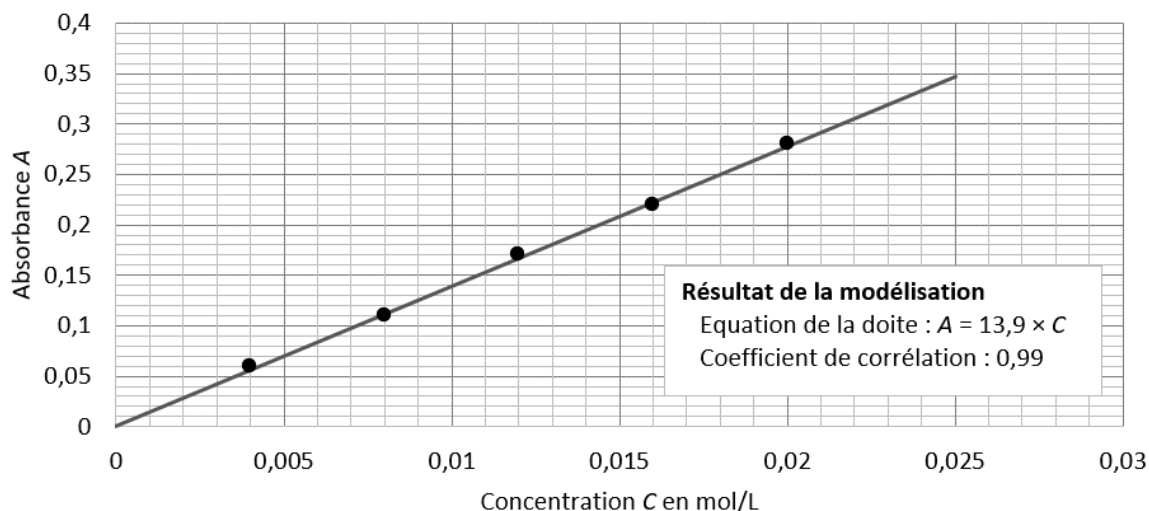
2^{nde} partie

Détermination de la concentration en ions cuivre

Les ions cuivre sont dosés par étalonnage. Une gamme de solutions-étalons est réalisée dans ce but et leurs absorbances sont mesurées avec un spectrophotomètre.

- Préciser en utilisant le document 2, la longueur d'onde que l'on doit choisir pour réaliser ce dosage.

On mesure l'absorbance A des différentes solutions étalons, on les représente graphiquement en fonction de leurs concentrations et on modélise le nuage de points par une fonction linéaire. Le graphique et l'équation de la droite de modélisation sont donnés ci-dessous :



7. Rappeler l'expression de la loi de Beer-Lambert en indiquant le nom des grandeurs et les unités associées.
8. La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée par les résultats expérimentaux ? Justifier par une phrase en utilisant la représentation graphique.

Afin de déterminer la concentration de la bouillie bordelaise préparée par le jardinier, on dilue 20 fois la solution S avant de l'analyser avec le spectrophotomètre. On mesure une absorbance $A' = 0,120$ pour la solution diluée S'.

9. Expliciter le protocole expérimental pour préparer 100 mL de la solution S'. On attend les calculs justifiés du volume de solution mère prélevé, le matériel utilisé ainsi que les différentes étapes de la manipulation.
10. Exploiter les résultats du dosage et les documents pour déterminer si les tomates cultivées par notre jardinier mériteraient le label « bio ».

On attend pour cette question que la démarche suivie soit clairement explicitée. Toute initiative, même inaboutie, sera valorisée.

ANNEXES à l'exercice 2 – à rendre avec la copie

Figure 1 : évolution de la concentration en fonction du temps

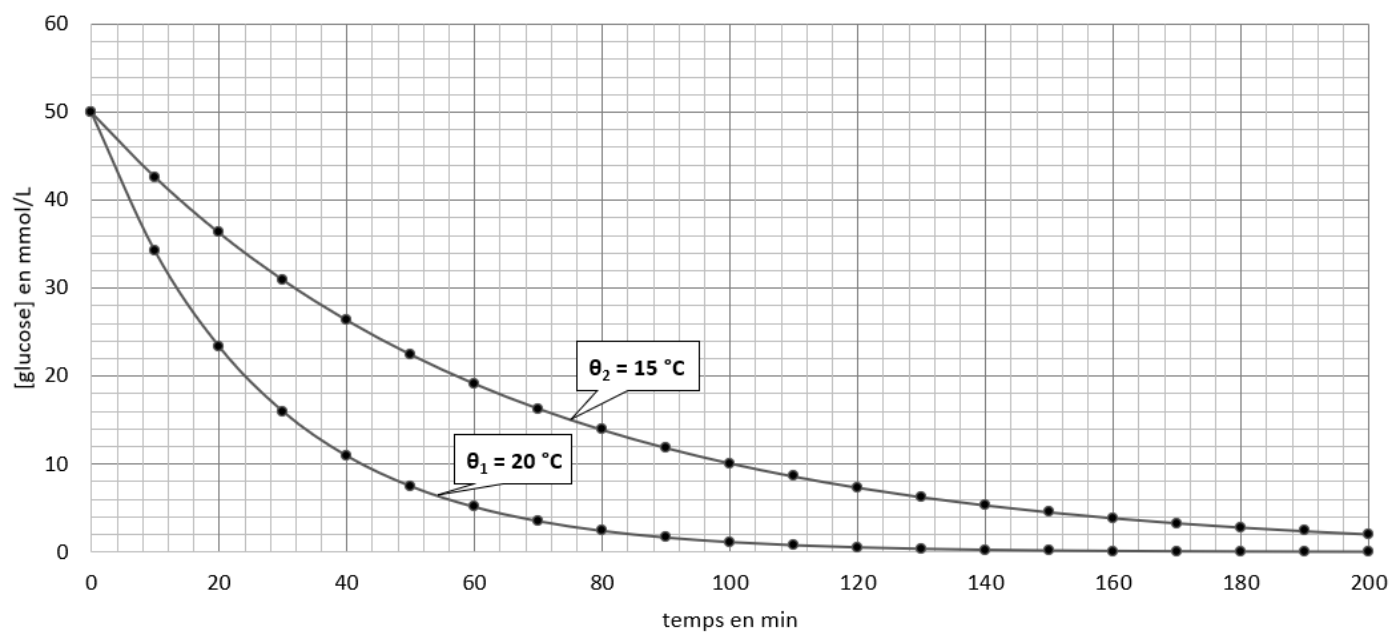


Tableau à compléter

date t (en min)	0	30	60	90
concentration en glucose $[glucose]_{(t)}$ (en $mmol \cdot L^{-1}$)	50,0	15,8	5,0	1,6
vitesse de disparition du glucose $v_{disp}(\text{glucose})$ (en $mmol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$)		0,63	0,20	0,060

Figure 2 : évolution de la concentration en fonction du temps

