

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE**, un exercice de **PHYSIQUE** et un exercice **HYBRIDE (physique et chimie)** présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9, y compris celle-ci.

La page 9/9 est À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'est pas complétée.

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

Le 21 décembre 2024, la République de Djibouti a franchi une étape importante dans son programme spatial en lançant avec succès son deuxième nanosatellite, Djibouti-1B.

Ce nanosatellite conçu par des Djiboutiens a été mis en orbite à bord d'une fusée Falcon 9 de la société Space X. Le lancement a été effectué depuis la base spatiale de Vandenberg, en Californie.

Cette réalisation souligne l'engagement croissant du pays en faveur du progrès technologique et du développement durable.

Aux côtés de son prédécesseur, Djibouti-1A, le satellite collectera des données essentielles pour suivre la disponibilité des ressources en eau et évaluer les régions touchées par la sécheresse. Ces données sont essentielles pour prendre des décisions éclairées sur la gestion de l'eau et faire face aux impacts du changement climatique. Cependant, il se distingue par une inclinaison orbitale de 45 degrés, permettant ainsi une couverture plus fréquente du territoire national.

<https://spaceinafrica.com/>

<https://www.lanation.dj/>

Données :

- masse du Soleil : $M_S = 1,99 \times 10^{30}$ kg ;
- distance moyenne Soleil-nanosatellite : $d = 150 \times 10^6$ km ;
- masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : $R_T = 6\,380$ km ;
- masse du nanosatellite : $m = 1,0$ kg ;
- altitude du nanosatellite : $h = 550$ km ;
- constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ S.I.

On considère que la Terre et le nanosatellite sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Le rayon orbital du nanosatellite est supposé grand devant sa taille.

On étudie le mouvement du nanosatellite dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Le centre de la Terre est noté T et on note N le nanosatellite.

1. Donner l'expression de la valeur de la force exercée par la Terre sur le nanosatellite $\overrightarrow{F}_{T/N}$ ainsi que l'expression de la valeur de la force exercée par le Soleil sur le nanosatellite $\overrightarrow{F}_{S/N}$.
2. Montrer que l'interaction gravitationnelle exercée par le Soleil sur le nanosatellite est négligeable par rapport à l'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le nanosatellite.

Pour la suite de cette partie, on considèrera que la seule force gravitationnelle exercée sur le nanosatellite provient de la Terre.

On se place dans l'approximation d'une orbite circulaire. Soit \vec{u} le vecteur unitaire porté par la droite TN dirigé de T vers N.

3. Donner l'expression du rayon orbital r du nanosatellite autour de la terre.

4. Donner l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{T/N}$ exercée par la Terre sur le nanosatellite.
5. Exprimer son accélération (celle du nanosatellite) vectorielle \vec{a} en précisant la loi utilisée.
6. Représenter qualitativement le repère de Frenet (N, \vec{t}, \vec{n}) , la force $\vec{F}_{T/N}$ exercée par la Terre sur le nanosatellite et l'accélération \vec{a} sur **la figure de l'annexe page 9/9 à rendre avec la copie.**
7. Donner l'expression littérale de l'accélération \vec{a} dans le repère de Frenet.
8. À quelle composante se réduit l'accélération vectorielle \vec{a} du nanosatellite dans le repère de Frenet ?
9. Établir que le mouvement du nanosatellite est uniforme.
10. Montrer que l'expression de la norme de son vecteur vitesse est : $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}}$.
11. La relation qui lie la période T de révolution du nanosatellite, sa vitesse v et le rayon r de son orbite est : $T = \frac{2\pi.r}{v}$. Montrer que $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}}$ puis calculer sa valeur.
12. Déduire le nombre de révolutions effectuées par jour par ce nanosatellite.

Exercice n° 2 : L'huile d'olive

(8 points)

L'huile d'olive figure parmi les plus réputées huiles naturelles pour ses bienfaits nutritionnels et son influence favorable sur la santé des individus. Ainsi, elle suscite une forte demande sur le marché et son coût ne cesse de croître. Néanmoins, quelques commerçants mélangent de l'huile d'olive à d'autres huiles moins nobles (par la suite appelées l'huile de table) dans le but d'augmenter les bénéfices.

Dans cet exercice nous allons :

- utiliser un système ultrasonore, fonctionnant en mode salve, pour mesurer la célérité des ultrasons dans des huiles naturelles (argan, olive, etc...) pour contrôler leurs qualité ;
- fabriquer du savon à partir de l'huile d'olive.

Donnée : célérité des ultrasons dans l'air $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Les deux parties de l'exercice sont indépendantes.

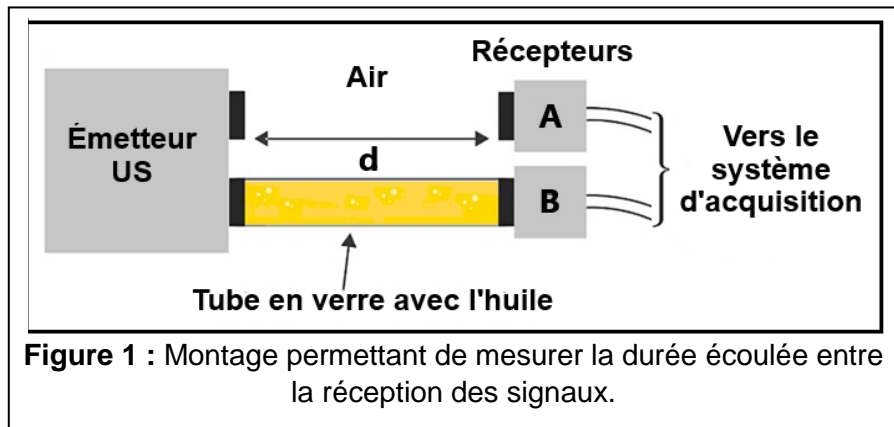
A. Utilisation des ultrasons pour le contrôle de la qualité des huiles.

La célérité des ultrasons dans une huile végétale dépend de sa pureté. Pour l'huile d'olive, la valeur notée v_{huile} se situe entre **1595 et 1600 m·s⁻¹** quelle que soit sa provenance. Une valeur plus faible signifie que l'huile a été diluée (mélangée avec de l'huile de table), lui faisant perdre de ses qualités.

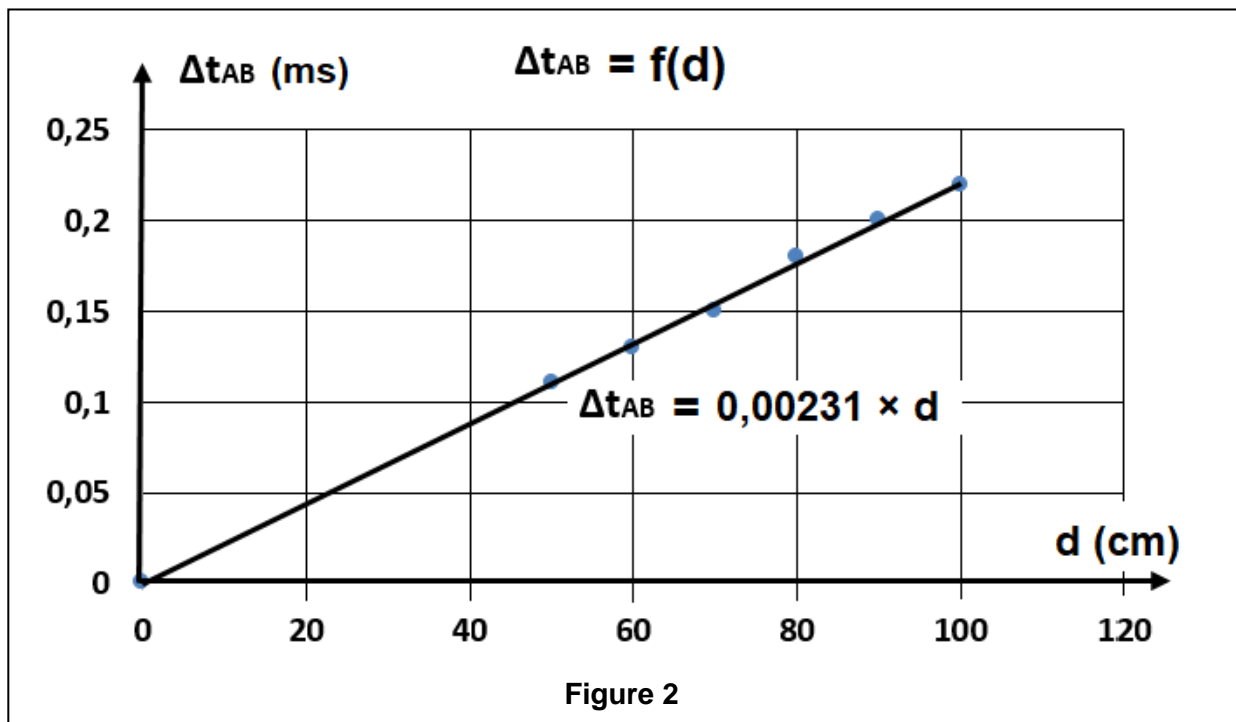
L'émetteur d'ultrasons (figure 1 page suivante) produit en même temps deux salves, qui parviennent aux **récepteurs A et B** connectés à une interface d'acquisition.

Dès que le **récepteur B** perçoit des ultrasons, l'enregistrement est déclenché.

Le tube en verre entre le **récepteur B** et l'**émetteur** contient l'huile testée, tandis que l'air sépare le **récepteur A** et l'**émetteur**.



1. Pourquoi déclenche-t-on l'acquisition sur le **récepteur B** plutôt que sur le **récepteur A** ?
2. La durée écoulée entre les deux signaux reçus en A et B, notée $\Delta t_{AB} = t_A - t_B$, est mesurée en fonction de plusieurs valeurs de longueur du tube (notée **d**). À partir de ces mesures on obtient la courbe **figure 2** ci-dessous représentant les variations de Δt_{AB} en fonction de **d**.



- 2.1. Définir une onde mécanique.
 - 2.2. Les fréquences des ondes ultrasonores sont-elles inférieures à 20 Hz ou supérieures à 20 kHz ?
 - 2.3. Exprimer t_B en fonction de **d** et v_{huile} .
 - 2.4. Exprimer t_A en fonction de **d** et v_{air} .
 - 2.5. Montrer que $\Delta t_{AB} = \left(\frac{v_{\text{huile}} - v_{\text{air}}}{v_{\text{huile}} \times v_{\text{air}}} \right) \times d = k \times d$ avec $k = \frac{v_{\text{huile}} - v_{\text{air}}}{v_{\text{huile}} \times v_{\text{air}}}$.
3. Montrer que $v_{\text{huile}} = \frac{v_{\text{air}}}{1 - k \times v_{\text{air}}}$.

- Calculer la célérité v_{huile} des ultrasons dans l'huile testée en exploitant la figure 2.
- L'huile testée est-elle pure ? Justifier.
- Dans le cas où l'huile est impure, déterminer, à partir de la figure 3, le pourcentage de l'huile de table ajouté.
- En déduire, à partir de la figure 4, la densité (masse volumique) de l'huile testée (huile d'olive + huile de table).

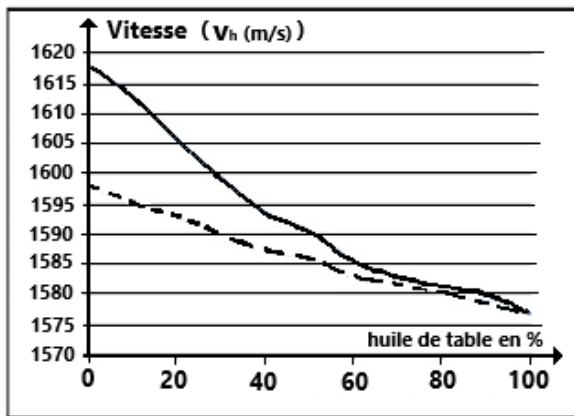


Figure 3 : Variations de la célérité en fonction de la quantité d'huile de table ajoutée dans l'huile d'Argon alimentaire (—) et dans l'huile d'Olive (- - -).

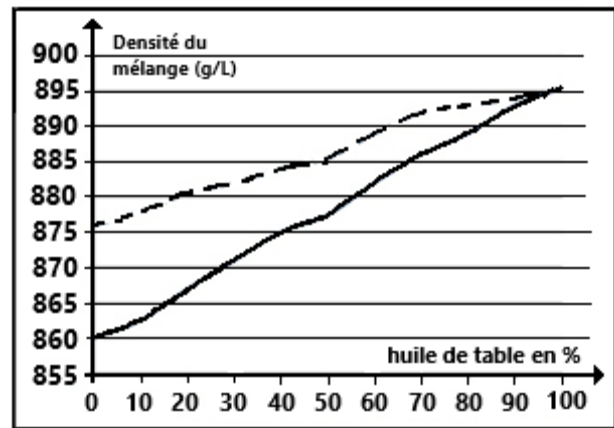
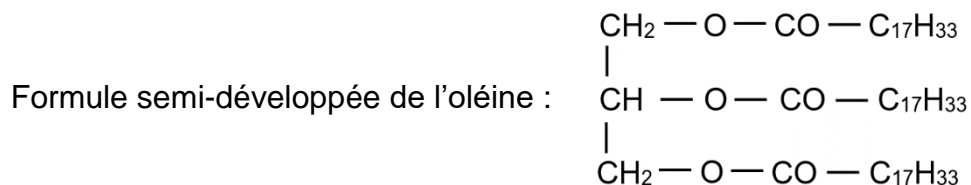


Figure 4 : Variations de la densité en fonction de la quantité d'huile de table ajoutée dans l'huile d'Argon alimentaire (—) et dans l'huile d'Olive (- - - -).

B. Fabrication du savon

L'huile d'olive principalement constituée d'un corps gras appelé oléate de glycéryle (ou oléine), est utilisée pour la fabrication du savon.

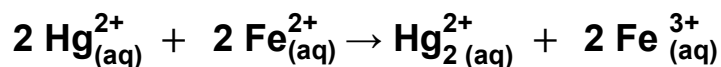


Pour fabriquer du savon à partir de l'huile d'olive, on fait réagir l'oléine avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. On obtient du glycérol et de l'oléate de sodium, solide blanc très peu soluble dans l'eau salée.

- Donner la formule chimique de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ainsi que la formule du glycérol (ou propan - 1,2,3 - triol).
- Quel nom particulier porte la réaction de préparation d'un savon ?
- Écrire l'équation-bilan de la réaction de préparation du savon.
- Quelles sont ses caractéristiques ?

Exercice n° 3 : Cinétique d'une transformation chimique**(6 points)**

On s'intéresse à la réaction de réduction des ions mercuriques $\text{Hg}_{(aq)}^{2+}$ par les ions ferreux $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ en solution aqueuse, à température constante, selon l'équation de réaction :



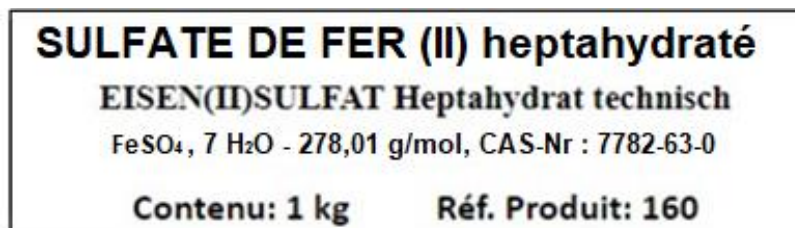
La réaction est suivie par spectrophotométrie, ce qui permet de déterminer la concentration en ions ferriques $\text{Fe}_{(aq)}^{3+}$ à différents instants. Le tableau ci-dessous donne une partie des résultats du suivi pour une température constante du système à 80°C.

t (s)	0	$0,5 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$
$[\text{Fe}_{(aq)}^{3+}]$ ($\times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$)	0	0,416	0,652	0,796	0,878

Document 1**1. Préparation de la solution S_1 de sulfate de fer (II) heptahydraté**

Pour préparer un volume $V_1 = 50,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 , il est nécessaire de dissoudre une masse m de sulfate de fer (II) heptahydraté solide de formule $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{(s)}$.

On donne ci-dessous (**document 2**), un extrait de l'étiquette de la boîte contenant le sulfate de fer (II) heptahydraté à dissoudre.

**Document 2**

Déterminer la masse m à peser pour préparer la solution S_1 de concentration en ions fer (II) $C_1 = 0,200 \text{ mol.L}^{-1}$.

2. Etude cinétique

Données : Couples oxydant-réducteur mis en jeu

- $\text{Fe}_{(aq)}^{3+} / \text{Fe}_{(aq)}^{2+}$ et $\text{Hg}_{(aq)}^{2+} / \text{Hg}_{2(aq)}^{2+}$

À $t = 0$, on mélange le volume V_1 de la solution S_1 avec un volume $V_2 = 50,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de chlorure mercurique de concentration $C_2 = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

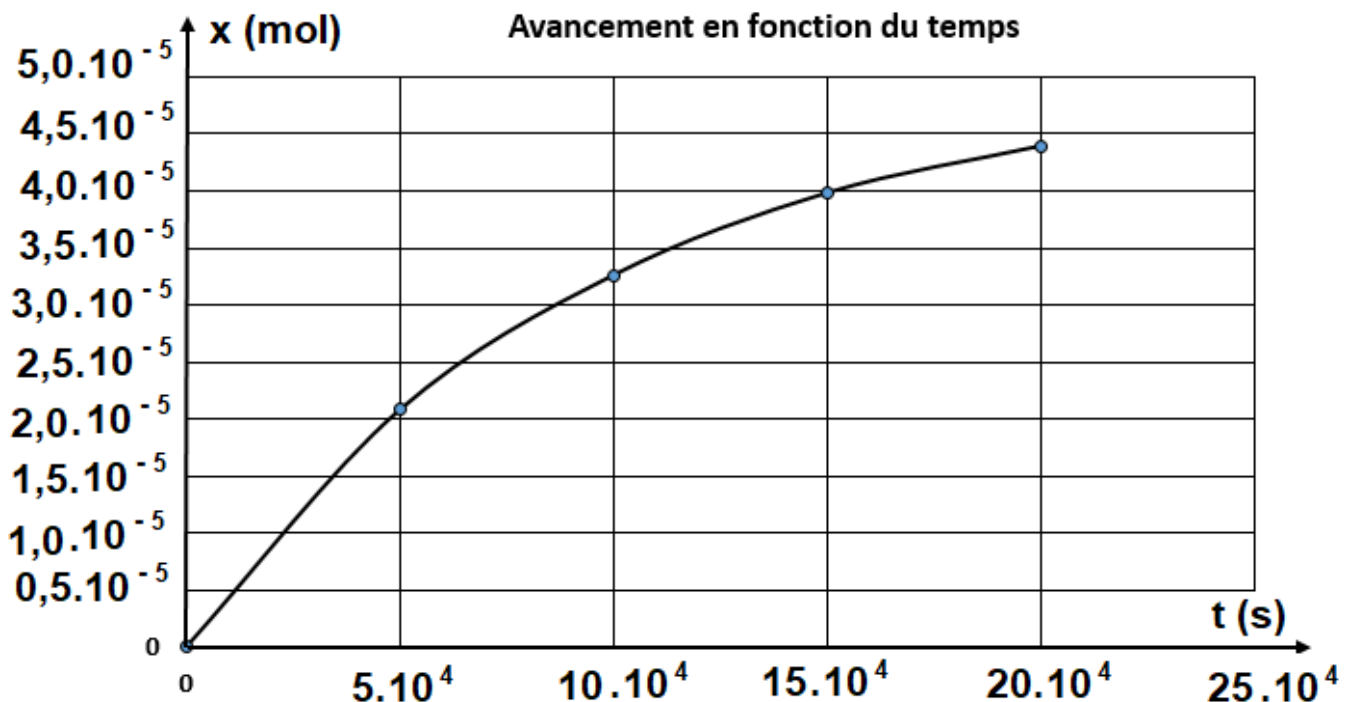
2.1. Écrire les demi-équations associées aux couples mis en jeu et en déduire l'équation bilan de la réaction étudiée.

- 2.2. En utilisant les données du tableau du **document 1**, déduire si la transformation est lente ou rapide ?
- 2.3. Déterminer les quantités de matière initiales des réactifs dans ce système.
- 2.4. Établir un tableau d'avancement pour cette réaction.
- 2.5. Déterminer l'avancement maximal et le réactif limitant.
- 2.6. Montrer que l'état du système pour $t = 2,0 \times 10^5 \text{ s}$ ne correspond pas à l'état maximal.

Cette réaction est bien totale et l'état final du système est atteint pour $t = 1 \text{ mois}$.

- 2.7. Donner la composition du système à l'état final.
- 2.8. On définit le taux de conversion α d'un réactif comme le rapport de la quantité de matière ayant réagi par la quantité de matière initiale. Calculer le taux de conversion pour l'ion ferreux $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ à l'état final. Commenter ce taux.
- 2.9. En exploitant le tableau d'avancement, exprimer l'avancement x en fonction de la concentration en ions ferrique $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$.

A partir des résultats partiels du tableau du **document 1**, on représente l'avancement x en fonction du temps sur le graphique du **document 3** ci-dessous.



Document 3

- 2.10. Définir et déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

A partir des données du tableau du **document 1**, on détermine la concentration des ions $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ produite pendant des durées Δt_i identiques.

Ces résultats sont rassemblés dans le tableau du **document 4** ci-dessous.

Δt_i	Δt_1 de 0 à $0,5 \times 10^5$ s	Δt_2 de 0,5 à $1,0 \times 10^5$ s	Δt_3 de 1,0 à $1,5 \times 10^5$ s	Δt_4 de 1,5 à $2,0 \times 10^5$ s
$[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}]$ produite ($\times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$)	0,416	0,236	0,144	0,082

Document 4

2.11. Montrer que ces résultats mettent en évidence le rôle de la concentration des réactifs sur la rapidité d'un système.

2.12. Citer un autre facteur cinétique et dire comment il influence la vitesse d'une réaction.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

