

Terminale spécialité

SEPTEMBRE 2023

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée de l'épreuve : **2 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.

Nom.....Prénom.....

DU « BANG » D'UN AVION AU CLAQUEMENT D'UN COUP DE FOUET

Remarque préliminaire.

L'énoncé est à rendre avec la copie. Tout énoncé non rendu entraînera une perte ENORMISSIME de points.

Il sera tenu compte de la propreté de la copie

De plus on tiendra compte du respect des chiffres significatifs dans les résultats.

Lorsqu'un avion vole en vitesse subsonique (vitesse inférieure à la célérité du son dans l'air), il crée des ondes dites de pression qui se propagent à la célérité du son (**figure 1**). Lorsqu'il accroît sa vitesse et qu'il atteint la célérité du son, les ondes de pression s'accumulent devant le nez de l'avion (**figure 2**). Lorsqu'il dépasse la célérité du son (on dit qu'il passe le mur du son), il se produit alors des ondes de compression et de dilatation qui provoquent ce fameux « bang » perceptible à plusieurs dizaines de kilomètres à la ronde. Pour une vitesse supérieure à la célérité du son, les ondes se propagent derrière l'avion dans un cône appelé cône de Mach (**figure 3**).

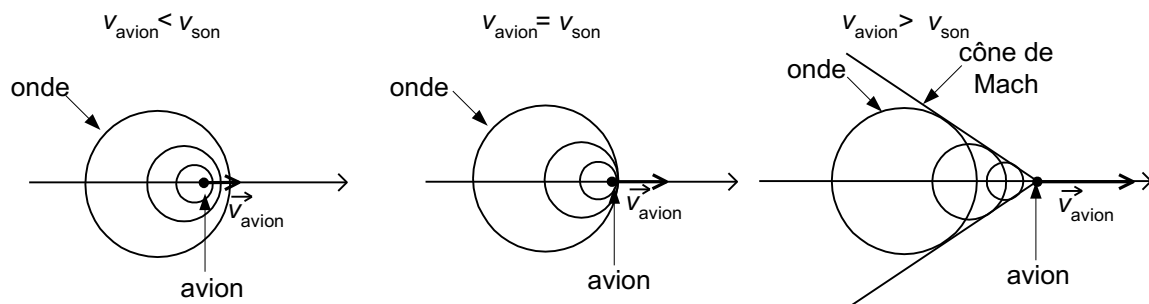


Figure 1

Figure 2

Figure 3

Aussi incroyable que cela puisse paraître, c'est le même phénomène de passage du mur du son qui explique le claquement produit par un coup de fouet.

A - Étude des ondes sonores

1. Donner la définition d'une onde.
2. Pourquoi peut-on dire que les ondes sonores sont des ondes mécaniques ?
Justifier en donnant la définition de votre réponse.
3. Choisir la (ou les) bonne(s) caractéristique(s) qui qualifie(nt) une onde sonore, en expliquant la signification des caractéristiques choisies :
a) progressive b) tridimensionnelle c) transversale d) longitudinale
4. Choisir dans la liste le (ou les) «milieu(x)» dans lequel le son ne se propage pas (aucune justification):
a) acier b) béton c) vide d) eau
5. Classer sur votre copie à partir de la liste ci-dessous, du milieu dans lequel le son se propage le moins vite au plus vite :
a) air b) solide c) eau liquide

Justifier votre réponse.

6. Un avion vole à la vitesse $v_{\text{avion}} = 800 \text{ km/h}$ à une altitude d'environ 10 km. On veut savoir s'il se déplace à une vitesse supérieure à la célérité du son sachant que cette dernière dépend de la température. La célérité du son peut se calculer en première approximation par la relation

$$v_{\text{son}}(\theta) = v_{\text{son}}(0^\circ\text{C}) \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}}$$

avec θ la température en degré Celsius et $v_{\text{son}}(0^\circ\text{C}) = 3,3 \times 10^2 \text{ m/s}$

Calculer la célérité des ondes sonores à l'altitude de 10 km en considérant que la température θ de l'air vaut -50°C .

7. Comparer cette valeur avec la vitesse de l'avion. Celui-ci a-t-il passé le mur du son ?

B- Le claquement d'un coup de fouet

Un artiste de cirque veut faire claquer son fouet ; pour ce faire, il génère, d'un mouvement de poignet, un ébranlement qui se déplace à la célérité v le long de la lanière en cuir du fouet.

8. On simule à l'aide d'un logiciel la propagation de la perturbation le long de la lanière et on obtient la position de l'ébranlement à différentes dates séparées d'un intervalle de temps $\Delta t = 3,5 \times 10^{-2}$ s (voir **figure 4 en Annexe**).

La lanière du fouet a une longueur $L = 3,0$ m.

Calculer la durée τ mise par l'onde pour parcourir toute la lanière.

9. En déduire la valeur de la célérité v de l'onde.

10. Cette célérité v dépend de la tension F de la lanière et de sa masse linéique μ (masse par unité de longueur) suivant la relation $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

La section de la lanière du fouet diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la poignée ; la masse linéique μ diminue donc.

Si on suppose que la tension F est constante, comment évolue la célérité de l'onde le long de la lanière, de la poignée à son extrémité ?

11. On s'intéresse maintenant à la vitesse de déplacement transversal de la mèche qui correspond à l'extrémité du fouet.

On enregistre son mouvement avec une caméra ultra-rapide. La fréquence de prise de vue est de 4000 Hz.

Donner la définition de la fréquence.

Dans le cas de la caméra ultra-rapide, que signifie une fréquence de prise de vue de 4 000 Hz ?

12. Entre deux images successives, la mèche, du fait de la propagation de la vibration, se déplace d'une distance $d = 11$ cm (voir **figure 5**).

En déduire la vitesse v' de déplacement de la mèche.

13. Dans ces conditions, le mur du son a-t-il été passé par la mèche ?

Donnée : célérité du son dans l'air à 20°C : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

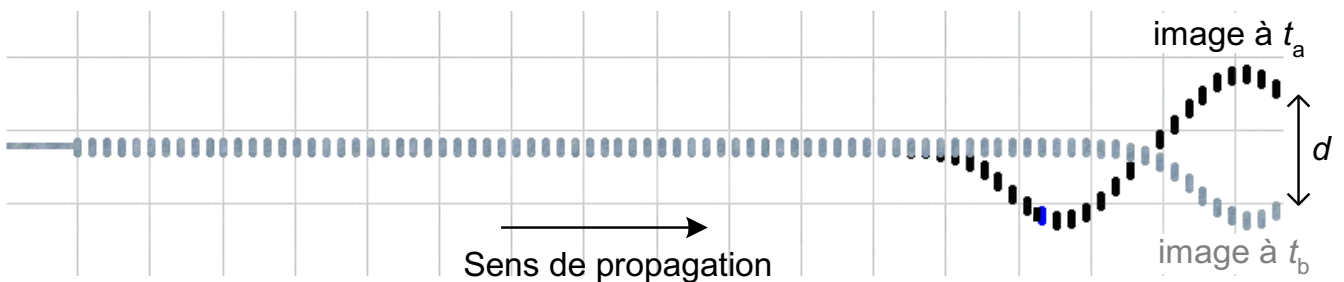


Figure 5. Positions de la mèche du fouet à deux instants t_a et t_b

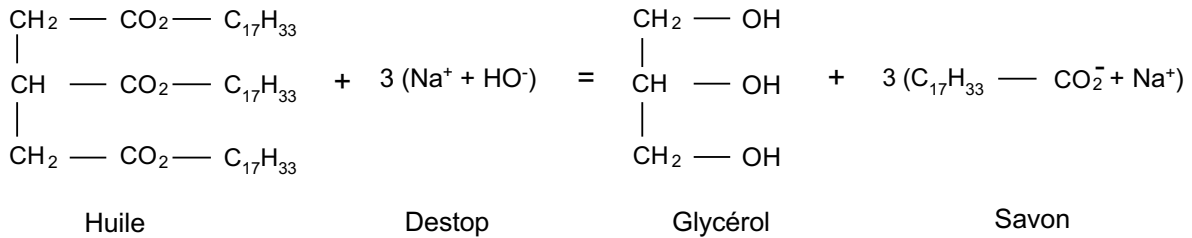
C - Entretien du fouet

Qu'il soit synthétique ou naturel, le matériau de la lanière doit être entretenu. On utilise souvent un mélange de savon et de corps gras.

On peut fabriquer le savon à partir d'huile d'olive et d'une solution commerciale de Destop® que l'on assimile à une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) dont la concentration vaut $c = 6,15 \text{ mol.L}^{-1}$.

À l'aide du montage représenté à la **figure 6 de l'annexe à rendre avec la copie**, le mélange réactionnel en milieu alcoolique est porté à ébullition pendant environ une heure.

14. (Vidéo qui était à regarder) Légendez la **figure 6 de l'annexe** en indiquant les noms demandés des éléments constitutifs du montage.
15. (Vidéo) Quel est le nom de ce type de montage ? Quel est son rôle ? Soyez très précis.
16. (Vidéo) Quel est le rôle de la partie désignée par la flèche 1 sur la **figure 6 de l'annexe** ?
17. La réaction se produisant entre l'huile d'olive et l'hydroxyde de sodium s'écrit



On veut préparer une masse de savon $m_s = 100 \text{ g}$.

Calculer la quantité de matière n_s de savon correspondante. Donner le résultat en notation scientifique.

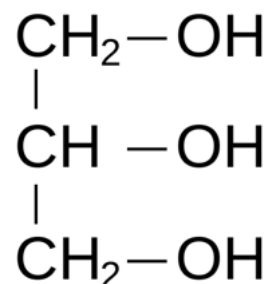
Donnée : Masse molaire du savon $M(\text{Savon}) = 304,0 \text{ g/mol}$

18. Donner la formule brute de la molécule d'huile. En déduire la masse molaire moléculaire.
Donnée : Masse molaire atomique (en g/mol) : $M(\text{H}) = 1,0$ - $M(\text{C}) = 12,0$ - $M(\text{O}) = 16,0$
19. Calculer la quantité de matière minimale n_h d'huile d'olive nécessaire pour synthétiser la masse. $m_s = 100 \text{ g}$ de savon.
On peut **ou pas** utiliser un tableau d'avancement. Le Destop est considérée comme étant en excès.
Faites bien attention aux coefficients stœchiométriques placés devant les espèces chimiques dans l'équation de synthèse du savon !!!
20. En déduire la masse m_h d'huile d'olive correspondante.
21. On souhaite donc que le Destop® soit mis en excès dans le milieu réactionnel.
Quel volume minimal de Destop® V_D faut-il utiliser ? Donner le résultat en mL.
22. On souhaite maintenant disposer pour une autre utilisation, d'un volume de 100 mL d'une solution de Destop de concentration $c' = 0,615 \text{ mol/L}$.
Vous disposez de tout le matériel du laboratoire.
Proposez un mode opératoire pour préparer cette seconde solution de Destop, à partir de la solution commerciale de Destop. Quel est le nom de cette opération ?

D – Un peu de chimie organique

On s'intéresse au glycérol, espèce chimique qui apparaît dans l'équation-bilan de la synthèse du savon et dont une représentation est donnée ci-contre.

23. Quel type de représentation a-t-on utilisé pour représenter le glycérol ci-contre ?
24. Recopier cette représentation sur votre copie et entourer le (ou les) groupe(s) caractéristiques.
Donner le nom de ce groupe.
A quelle famille appartient le glycérol ?
25. Établir le nom dans la nomenclature officielle du glycérol.
26. Donner la représentation semi-développée du propan 1,2,2, triol.
27. Quelle relation existe-t-il entre le glycérol et le propan 1,2,2, triol ?
Justifier votre réponse en donnant une définition du terme utilisé.



ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

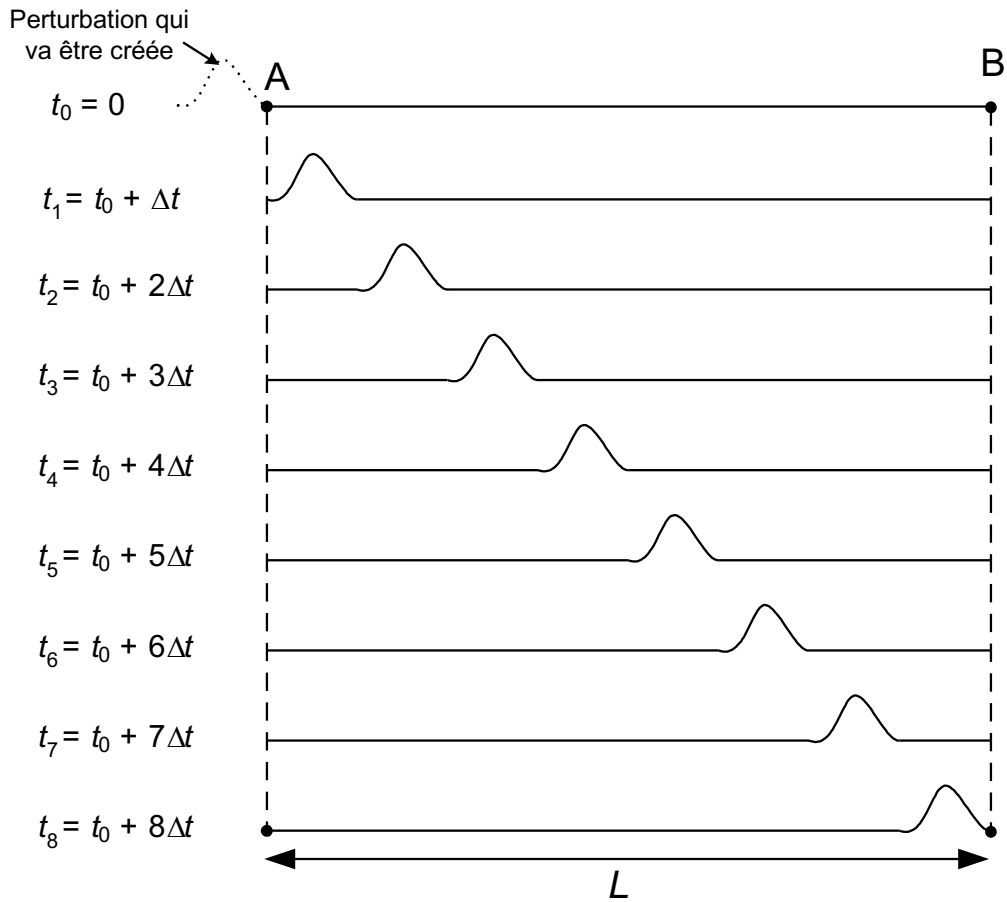


Figure 4. Propagation de la perturbation le long de la lanière

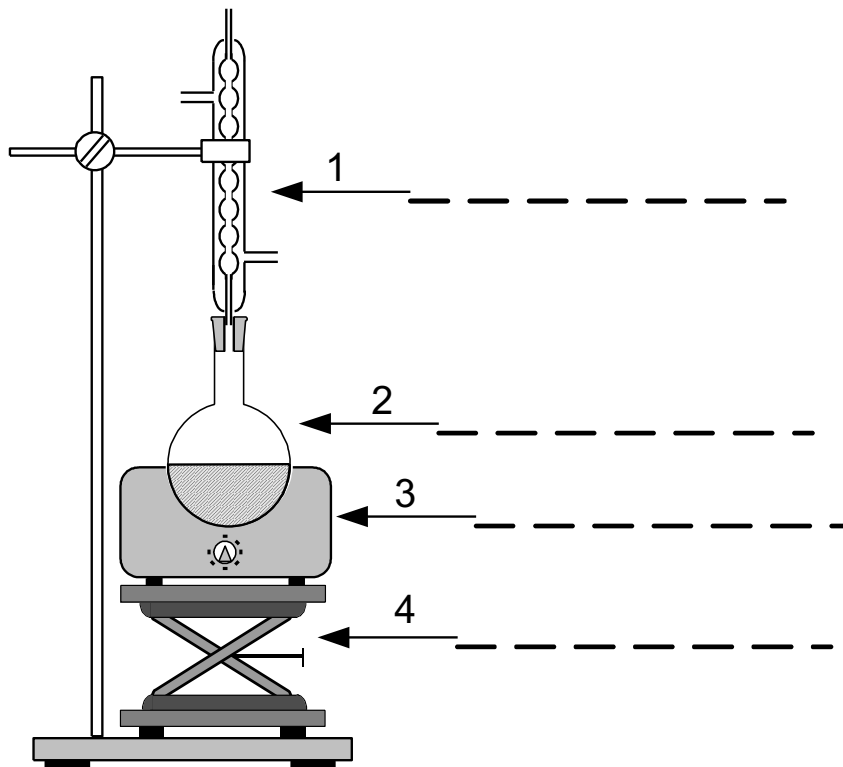


Figure 6 Schéma du montage utilisé pour la synthèse du savon de la partie C