

PHYSIQUE-CHIMIE. DEVOIR SURVEILLÉ 2

Samedi 03/10/2026. Durée : 2h

CONSIGNES

▷ **La calculatrice est interdite.** Les autres outils électroniques (téléphone, tablette...) et documents papier sont strictement interdits. Un brouillon est autorisé.

▷ Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.

▷ Ne pas utiliser de correcteur.

▷ Numéroté les pages.

▷ Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.

Le sujet comporte **quatre parties indépendantes**.

Partie I - Le chlorure de sodium

Un noyau d'atome de chlore a pour représentation conventionnelle ${}^{35}_{17}\text{Cl}$.

Q1. Déterminer la composition de l'atome de chlore.

Q2. Donner la configuration électronique du chlore dans son état fondamental.

Q3. En déduire la formule de l'ion monoatomique le plus stable de cet élément.

On modélise le sel de cuisine par un cristal parfait de chlorure de sodium.

Q4. Rappeler les hypothèses du modèle du cristal parfait.

Dans la structure cristalline du chlorure de sodium, les ions chlorure cristallisent dans un système cubique à faces centrées. Les ions sodium occupent tous les sites octaédriques, et forment donc également un réseau cubique à faces centrées, décalé d'une demi-arête de celui des ions chlorure.

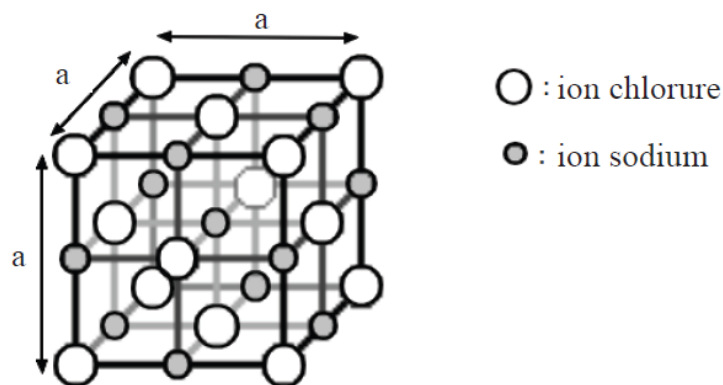


FIGURE 1 – Structure cristallographique du chlorure de sodium

Q5. Déterminer le nombre d'ions chlorure et d'ions sodium dans une maille.

Q6. En déduire la formule chimique de ce cristal. Indiquer à quelle famille de cristaux il appartient.

Q7. Le paramètre de maille est noté a . Calculer sa valeur sachant que le contact se fait entre un anion et un cation le long d'une arête de la maille.

Q8. Exprimer la masse volumique ρ de ce cristal en fonction des données.

Q9. Sélectionner, en justifiant, la valeur numérique correcte parmi les propositions suivantes : $\rho = 2,16 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $\rho = 216 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$; $\rho = 21,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Q10. Déterminer l'expression littérale du nombre N d'ions présents dans une masse de sel m donnée.

Données :

— constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;

— masses molaires atomiques : $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;

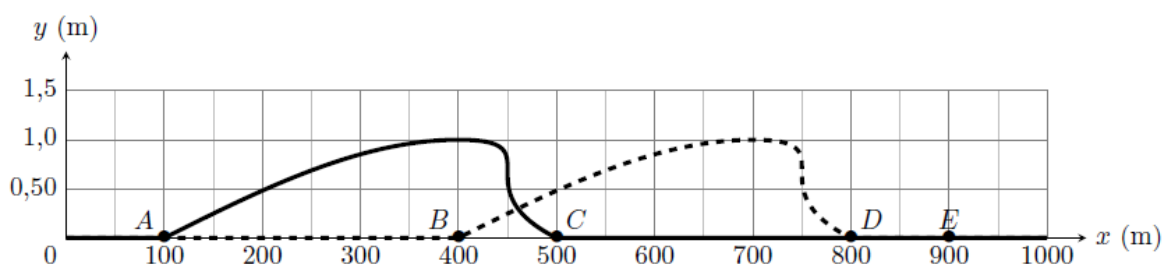
— rayons ioniques des ions sodium et chlorure : $R^+ = 97 \text{ pm}$ et $R^- = 181 \text{ pm}$.

Partie II - La houle

La houle est un train de vagues régulières qui se propagent sur de longues distances depuis leur lieu de formation. Elles sont générées par un vent soufflant sur une grande étendue d'eau sans obstacle. En arrivant près du rivage, sous certaines conditions, la houle déferle, au grand bonheur des surfeurs.

1. Houle non sinusoïdale

La surface de l'eau est schématisée simplement ci-dessous aux instants $t_1 = 0$ (trait plein) et $t_2 = 60 \text{ s}$ (pointillés) pour une vague qui se propage en direction de la côte. L'origine, d'abscisse $x = 0$, est prise à 1000 m de la côte.



Q11. Justifier que la houle est une onde mécanique progressive, et expliquer ce que représente concrètement la grandeur physique $y(x, t)$ qui lui est associée.

Q12. Calculer la largeur spatiale Δx de la vague.

Q13. Calculer sa célérité c , en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

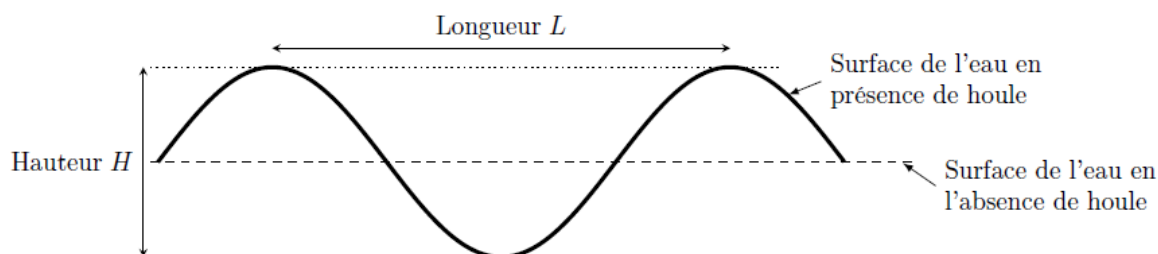
Q14. En déduire la valeur de la durée Δt que met cette vague à passer au-dessus d'un point donné.

Q15. Représenter graphiquement le signal $y(x_E, t)$ qu'enregistrerait un capteur de déplacement vertical positionné sur une bouée flottant à la surface de l'eau au point E d'abscisse $x_E = 900 \text{ m}$.

2. Houle sinusoïdale

Pour faciliter l'étude théorique des vagues, on utilise souvent le modèle des vagues sinusoïdales. Pour de telles vagues, il existe une crête (point culminant) suivie d'un creux (point le plus bas) et ainsi de suite, selon la forme d'un sinus.

La hauteur H de la vague correspond à la distance verticale entre le sommet de la crête et le fond du creux de la vague. La longueur L de la vague correspond à la distance entre deux crêtes ou deux creux successifs.



La houle est désormais modélisée par une onde sinusoïdale, qui possède une double périodicité spatiale et temporelle. Dorénavant, la vitesse de propagation de la houle est notée v .

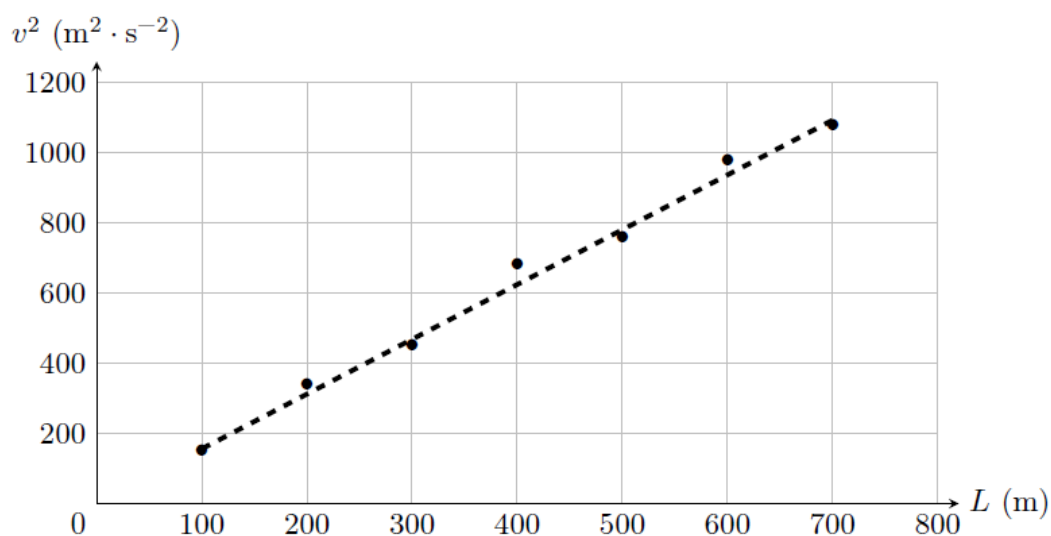
Q16. Quel nom est habituellement donné à la longueur L de la vague ?

Q17. Exprimer son amplitude A en fonction de H .

Q18. Exprimer sa période T en fonction de L et v .

Loin des côtes, quand la hauteur H des vagues augmente, l'expérience montre que la distance L entre deux vagues successives augmente aussi, ainsi que la vitesse de propagation v .

Des mesures en eau profonde permettent de construire le graphique donnant l'évolution de v^2 en fonction de L .



Q19. Justifier qu'on peut modéliser les données par une relation de la forme $v^2 = aL$, et évaluer le coefficient directeur a .

Partie III - Température de changement d'état et solubilité

Q20. Donner sans justification les schémas de Lewis de la molécule d'eau et de la molécule de dioxyde de carbone.

Q21. Le soufre (S) ne respecte pas la règle de l'octet. Dans la molécule de dioxyde de soufre (SO_2), il est entouré de cinq doublets, et il s'agit de l'atome central. Donner sans justification le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de soufre.

Q22. La molécule de dioxyde de carbone est linéaire, tandis que les molécules d'eau et de dioxyde de soufre sont coudées. Justifier qualitativement cette différence.

On donne les valeurs des électronégativité de quelques atomes :

$\chi(\text{H}) = 2,1$; $\chi(\text{C}) = 2,5$; $\chi(\text{S}) = 2,5$; $\chi(\text{O}) = 3,5$.

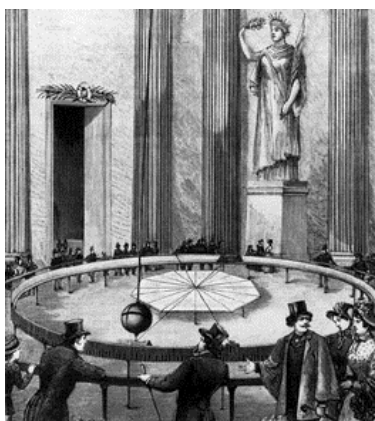
Q23. Justifier que la molécule de dioxyde de carbone est apolaire, tandis que les molécules d'eau et de dioxyde de soufre sont polaires.

Q24. En analysant les interactions intermoléculaires, justifier qualitativement les données du tableau ci-dessous, recueillies sous une pression $P = 1$ bar.

Molécule	CO_2	SO_2
Température de changement d'état ($^{\circ}\text{C}$)	-78,5 (sublimation)	-10,0 (ébullition)
Solubilité dans l'eau à 20°C ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,7	94

Partie IV - Le pendule de Foucault

De 1996 à 2015, au Panthéon à Paris, on a pu observer la reconstitution de l'expérience menée par Léon Foucault en 1851. Celle-ci avait permis de confirmer, sans observation du ciel, la rotation de la Terre sur elle-même. Une sphère en plomb, de 20 cm de diamètre, de masse 47 kg, est suspendue sous le dôme de l'édifice par un fil en acier très fin d'une longueur de 67 m. Le pendule ainsi constitué oscille librement. On constate qu'au cours de la journée le plan d'oscillation tourne lentement dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un axe vertical.



Q25. Citer un autre lieu où l'on peut observer une reconstitution du pendule de Foucault en 2026.

On appelle pendule simple un système constitué d'un fil inextensible de longueur L , dont une extrémité est fixée à un support et l'autre attachée à un objet quasi ponctuel de masse m . La masse du fil est négligeable par rapport à la masse de l'objet.

On peut montrer que si les oscillations ne sont pas amorties et que l'angle formé par le fil et la verticale descendante reste inférieur à 10° , la période des oscillations du pendule vaut

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

où $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ est l'accélération de la pesanteur.

On filme le mouvement du pendule de Foucault pendant quelques minutes, durée assez courte pour pouvoir négliger la rotation de son plan d'oscillation, que nous n'étudierons pas dans cet exercice.

Après traitement de la vidéo par un logiciel de relevés de positions, on trace la courbe représentant l'abscisse x du centre M de la sphère en fonction du temps. Cette courbe est reproduite sur la figure ci-dessous.

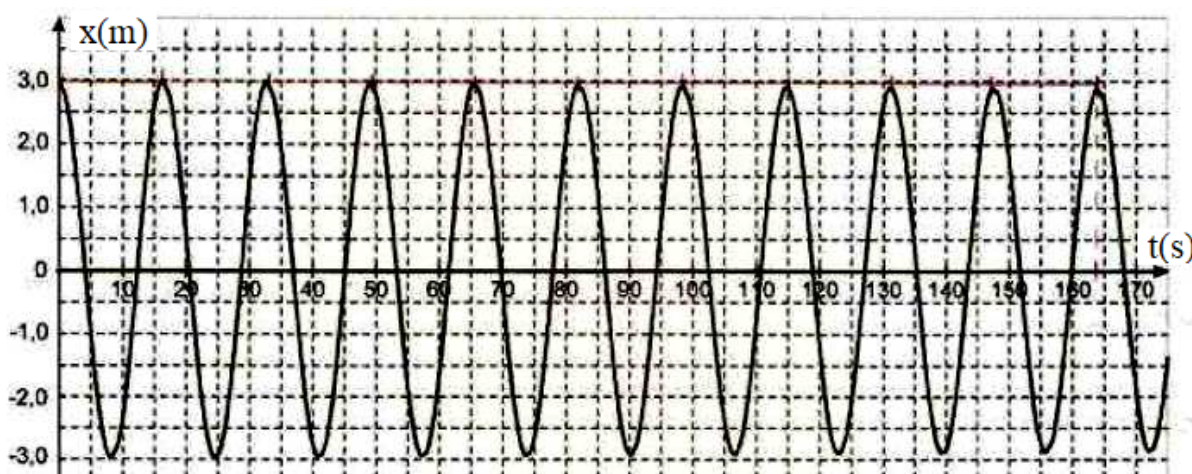


FIGURE 2 – Évolution temporelle de l'abscisse x du point M

Q26. Justifier que $x(t)$ est un signal périodique.

Q27. On considère à présent que $x(t)$ est un signal sinusoïdal. Donner son expression mathématique en indiquant le nom et l'unité des trois paramètres qui y figurent.

Q28. Déterminer graphiquement la valeur de ces trois paramètres, aussi précisément que possible. Vous préciserez soigneusement votre démarche.

Q29. Retrouver par un calcul la longueur du pendule de Foucault décrit dans le texte d'introduction. On pourra faire l'approximation : $\pi^2 = 10$.

Q30. Quelle est l'origine du très léger amortissement constaté dans les oscillations ?

FIN

