TSI1, lycée Doisneau

PHYSIQUE-CHIMIE. DEVOIR SURVEILLÉ 3

Samedi 17/10/2026. Durée : 2h

CONSIGNES

▷ **La calculatrice est autorisée.** 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.

▷ Numéroter les pages.

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

Le sujet comporte **quatre parties indépendantes**.

Partie I - L'onde cobra

Le cobra est un serpent qu'on trouve en Asie et en Afrique, qui a la particularité de pouvoir se redresser. C'est en référence à cette position que le jeu que nous allons étudier ici a été nommé "onde cobra". Il ressemble aux jeux dans lesquels on aligne des milliers de dominos pour ensuite les faire tomber en cascade.

Il s'agit ici d'entremêler en une succession de losanges des bâtonnets de bois, par exemple des bâtonnets de glace, pour constituer un long croisillon horizontal puis d'en lâcher une extrémité. L'assemblage se soulève alors, se redresse telle une tête de cobra, en éjectant un à un les bâtonnets et en détruisant le croisillon.

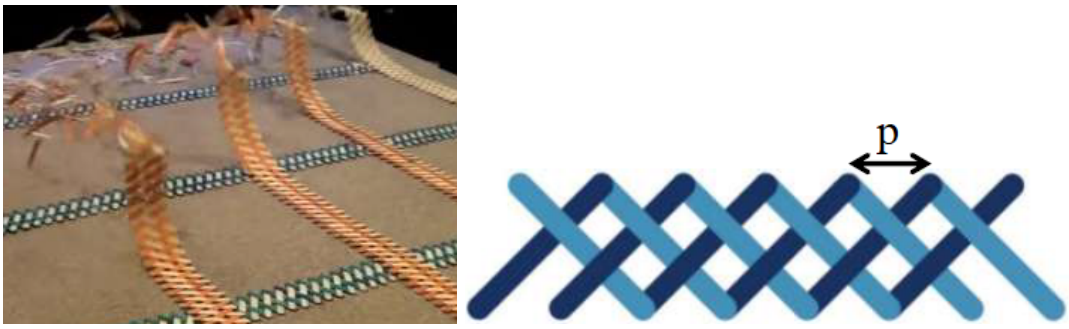
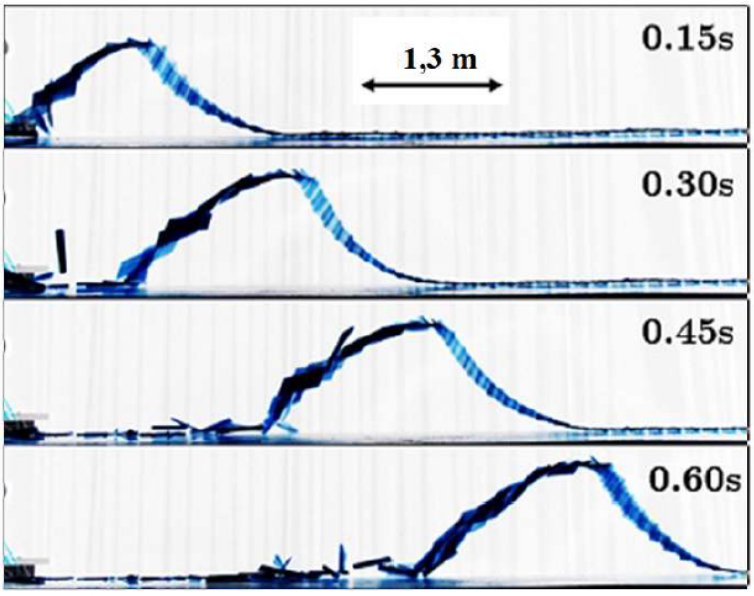


FIGURE 1 – Gauche : photographie d'ondes cobra ; droite : croisillon vu de dessus. Il est caractérisé par le pas noté p, qui représente la distance entre deux sommets consécutifs sur les bords du croisillon

Des chercheurs ont réalisé des photographies successives de la structure se soulevant au cours du temps.

Le croisillon a été réalisé avec des bâtonnets de longueur $11,4$ cm et un pas voisin de 5 cm.

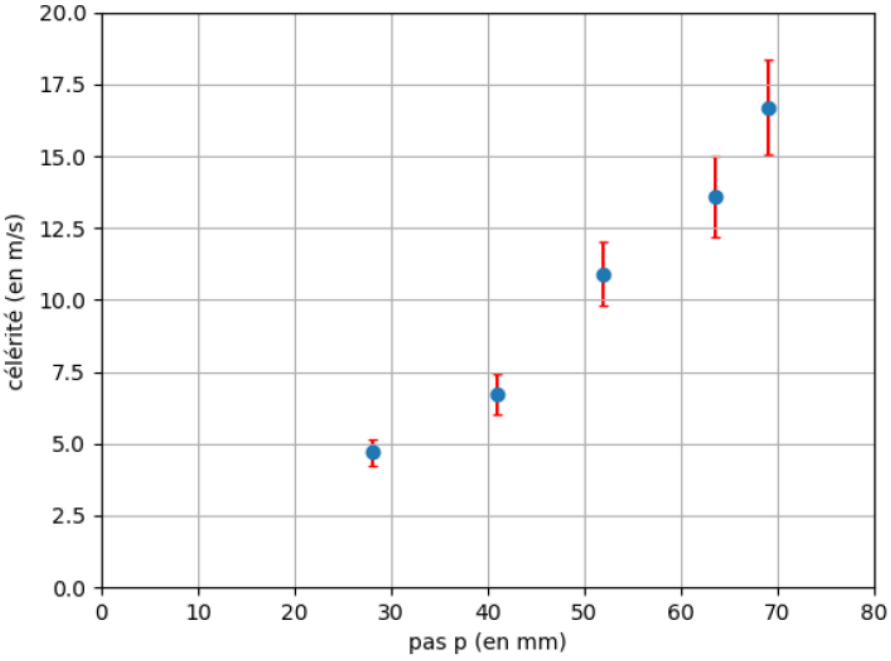


Q1. Justifier que l'onde cobra est une onde mécanique progressive transversale. Est-elle sinusoïdale ?

Q2. On définit un axe (Ox) orienté dans la direction et le sens de propagation de l'onde cobra. Identifier la grandeur $s(x,t)$ associée à cette onde. Écrire $s(x,t)$ sous la forme d'une fonction f d'une seule variable que vous préciserez.

Q3. À l'aide de la chronophotographie, justifier que la célérité c de l'onde cobra est approximativement constante et déterminer sa valeur aussi précisément que possible.

L'évolution de la célérité de l'onde en fonction du pas est donnée ci-dessous pour des bâtonnets de longueur $11{,}4$ cm. Les barres verticales indiquent l'incertitude-type.



Q4. En expliquant soigneusement votre démarche, estimer la valeur du pas p du

croisillon, puis représenter schématiquement ce dernier. Commenter.

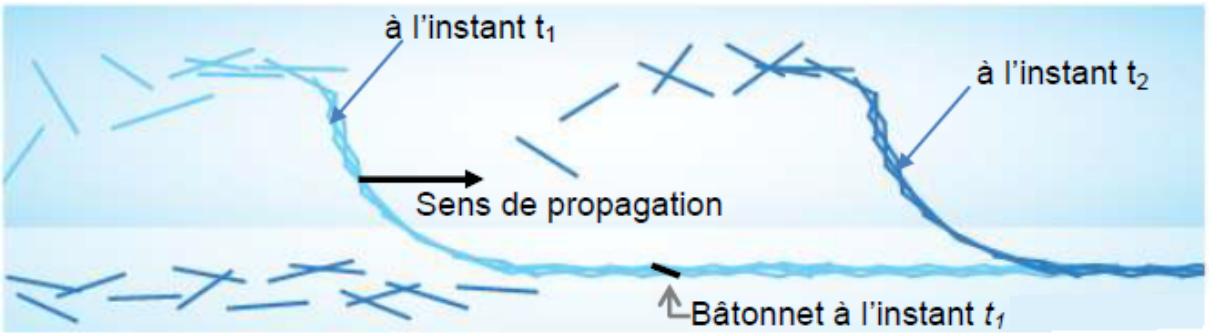


FIGURE 2 – On schématise le croisillon à deux instants t_1 et t_2 ($t_2 > t_1$)

Q5. Représenter qualitativement l'évolution temporelle de $s(t)$ au niveau du bâtonnet mis en évidence sur la figure 2, en justifiant. Vous ferez figurer les instants t_1 et t_2 sur l'axe des abscisses.

Partie II - La carboglace

La carboglace est du dioxyde de carbone à l'état solide. Elle peut être utilisée pour refroidir et maintenir au frais des systèmes informatiques, des vaccins ou des aliments.

On modélise la carboglace par un cristal parfait de structure cubique à faces centrées : les molécules de dioxyde de carbone y occupent les sommets et les centres des faces de la maille.

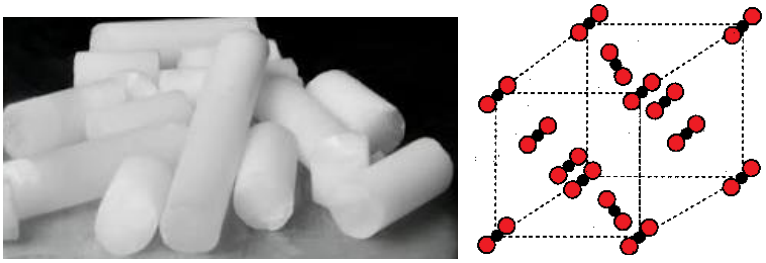


FIGURE 3 – Gauche : photographie de bâtonnets de carboglace ; droite : schéma de la maille CFC du cristal de carboglace

Q6. Donner le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone.

Q7. Justifier que cette molécule a une géométrie linéaire, puis montrer qu'elle est apolaire.

Q8. Rappeler en quoi consiste la sublimation et écrire l'équation de la sublimation du dioxyde de carbone.

Q9. La carboglace se sublime à une température $\theta_{sub} = -78,5°C$. Justifier qualitativement cette valeur.

Q10. Déterminer la population d'une maille d'un cristal de carboglace.

Q11. Exprimer puis calculer la masse volumique d'un cristal de carboglace. Commenter le résultat.

Q12. Le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère terrestre (à hauteur de $0,8$ g·m^{-3} environ) est un gaz à effet de serre. Il s'agit d'une des principales causes du réchauffement climatique. Commenter la proposition suivante pour lutter contre ce phénomène : capturer le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère, le refroidir pour le faire passer à l'état solide et le stocker au frais dans un endroit isolé.

Données :
▷ paramètre de maille du cristal de carboglace : $a = 572$ pm ;
▷ masses molaires atomiques : $\mathrm{M(C)} = 12,0$ g·mol^{-1}, $\mathrm{M(O)} = 16,0$ g·mol^{-1} ;
▷ constante d'Avogadro : $\mathrm{N_A} = 6,02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ;
▷ électronégativités dans l'échelle de Pauling : $\chi(\mathrm{C}) = 2,5$; $\chi(\mathrm{O}) = 3,5$.

Partie III - Le réfractomètre de Pulfrich

Le réfractomètre de Pulfrich (voir figure ci-dessous) est un dispositif optique qui permet de mesurer l'indice de réfraction n d'un liquide. Il est composé d'un cube de verre, d'indice de réfraction n_0 connu, sur lequel on dépose une goutte (supposée hémisphérique) du liquide d'indice à déterminer. Lorsque de la lumière issue de la goutte liquide pénètre dans le bloc par la face horizontale, l'observation des rayons émergeant du cube (sous certaines conditions) permet d'accéder à l'indice n cherché.

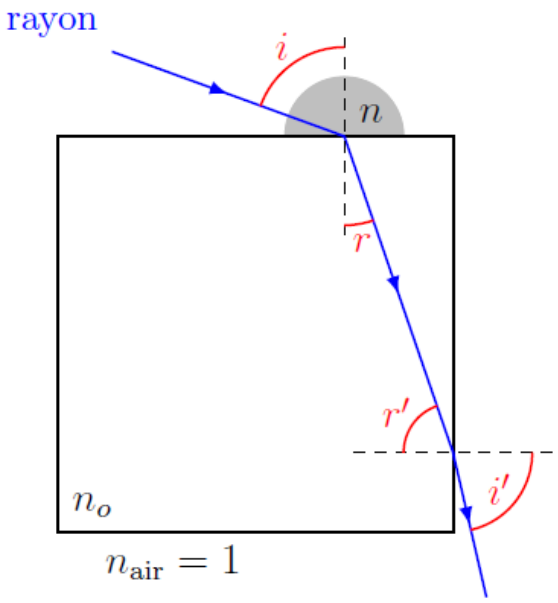


FIGURE 4 – Schéma optique du réfractomètre de Pulfrich

Q13. Rappeler les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction.
Q14. Définir le phénomène de réflexion totale.
Q15. Déterminer l'expression de la valeur critique de l'angle r', notée r'_{C}, au-delà de laquelle le rayon ne peut plus sortir du réfractomètre.
Q16. Exprimer l'angle r, puis i, en fonction de r'.

On peut en déduire (mais cela n'est pas demandé) qu'un rayon peut ressortir du réfractomètre à condition que l'angle d'incidence i soit supérieur à une valeur minimale i_m définie par :

$$\sin(i_m) = \frac{1}{n}\sqrt{n_0^2 - 1}.$$

Q17. Quelle contrainte est imposée sur l'indice n_0 du cube en verre vis-à-vis de l'indice n pour être certain que le rayon puisse ressortir ?

On peut aussi montrer (mais cela n'est pas demandé) qu'alors l'indice n du liquide satisfait la relation suivante où i'_m est l'angle d'émergence minimum :

$$n^2 = n_0^2 - \sin^2(i'_m).$$

La goutte est éclairée et un angle $i'_m = 67°51'$ (une minute d'angle vaut $1' = 1°/60$) est mesuré à l'aide d'un goniomètre.

Q18. Déterminer l'indice du liquide sachant que le cube est en verre de type flint ($n_0 = 1,6231$).

Données : Indices optiques de l'eau : $1,33$; de l'éthanol : $1,36$; de la glycérine : $1,47$.

Partie IV - Autour de la diffraction

1. Diffraction des ondes lumineuses

On dispose d'un laser de longueur d'onde inconnue λ face à une fente de largeur a réglable et d'un écran situé à une distance $D = 2,00$ m de la fente. On observe sur l'écran une figure de diffraction dont la tache centrale a une largeur L.

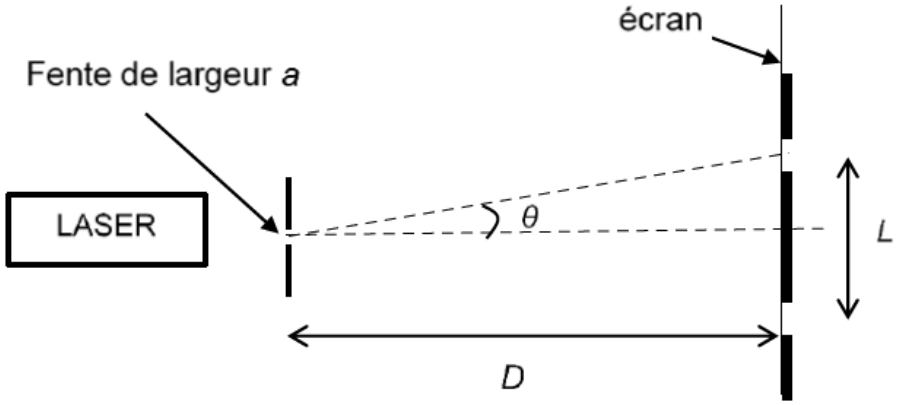


FIGURE 5 – Schéma du montage expérimental

L'angle θ étant petit, on peut considérer que la valeur de la tangente de l'angle θ est égale à l'angle θ : $\tan(\theta) \simeq \theta$.

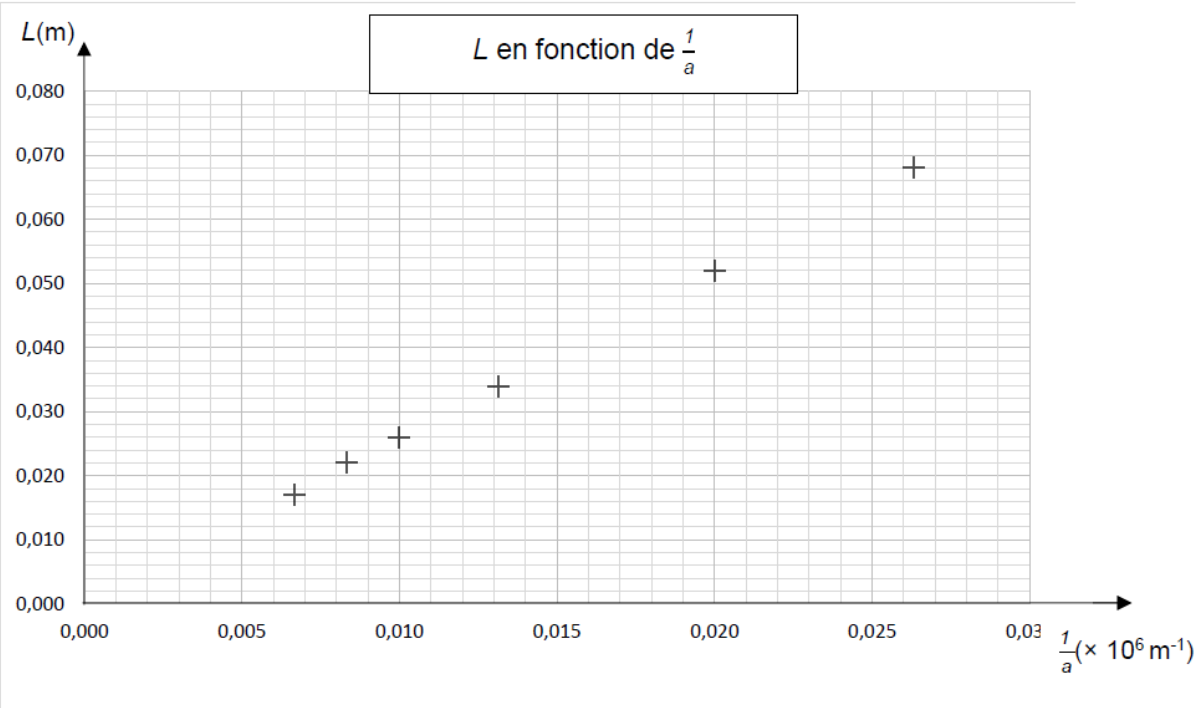
Q19. Rappeler la relation entre θ en radian, a et λ.

Q20. Montrer que la largeur L de la tache centrale de diffraction a pour expression

$$L = \frac{2\lambda D}{a} \quad (1)$$

Lors d'une activité expérimentale, des mesures de la largeur L de la tache centrale de diffraction sur l'écran ont été effectuées en faisant varier la taille a de la fente.

On a ensuite obtenu le graphique ci-dessous.



Q21. Déduire de cette représentation graphique et de la relation (1) que la longueur d'onde vaut $\lambda = 6{,}5 \times 10^{-7}$ m. De quelle couleur est le faisceau laser ?

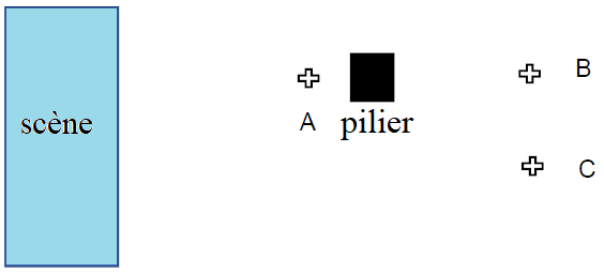
2. Diffraction des ondes sonores

Dans les salles de spectacle, il existe des places appelées « places aveugles ». Installé à ce type de place lors d'un concert, un étudiant se rend compte que la qualité sonore du concert ne le satisfait pas. Plus précisément, il perçoit mieux les sons graves de fréquence $f_1 = 200$ Hz que les sons aigus de fréquence $f_2 = 1{,}00$ kHz.

Q22. Exprimer la longueur d'onde λ d'une onde sonore sinusoïdale en fonction de la célérité du son c_{son} et de sa fréquence f.

Q23. Calculer les longueurs d'onde λ_1 et λ_2.

La figure ci-dessous représente la scène, un pilier de largeur voisine de 70 cm et les positions possibles de l'étudiant lors du concert, repérées par les lettres A, B et C.



Q24. Choisir, en justifiant qualitativement, parmi les positions A, B ou C celle qui correspondrait le mieux à la situation décrite par l'étudiant, sachant que la diffraction par le pilier est identique à celle créée par une fente de même largeur.

FIN