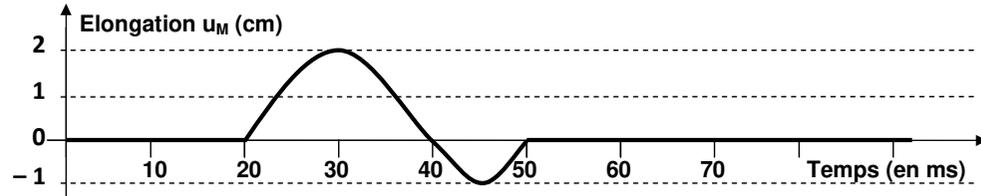


- Propagation d'un signal physique : les ondes -

Exercice 01 : Propagation d'une onde le long d'une corde

Une perturbation se propage le long d'une corde tendue. A la date $t_0 = 0$, le front d'onde (le début de la perturbation) part du point O, origine de l'axe (Ox) de même direction que la corde.

Le graphique ci-dessous représente le déplacement transversal $u_M(t)$ d'un point M situé à l'abscisse $x_M = 8,0$ cm.



- Calculer la célérité v de la perturbation.
- Quelle est la longueur L de la perturbation ?
- La queue de l'onde a-t-elle déjà quitté le point O quand le point M commence à être perturbé ?
- On considère un point N d'abscisse $x_N = 32,0$ cm. A quelle date ce point N :
 - Commencera-t-il à être perturbé ?
 - Finira-t-il d'être perturbé ?
 - Aura son élongation maximale ?
 - Aura son élongation minimale ?
- Représenter graphiquement le déplacement transversal $u_N(t)$.
- Schématiser la corde à l'instant de date $t = 80$ ms.
- La théorie prévoit que la célérité v des ondes transversales le long d'une corde tendue est donnée par une des trois formules ci-dessous :

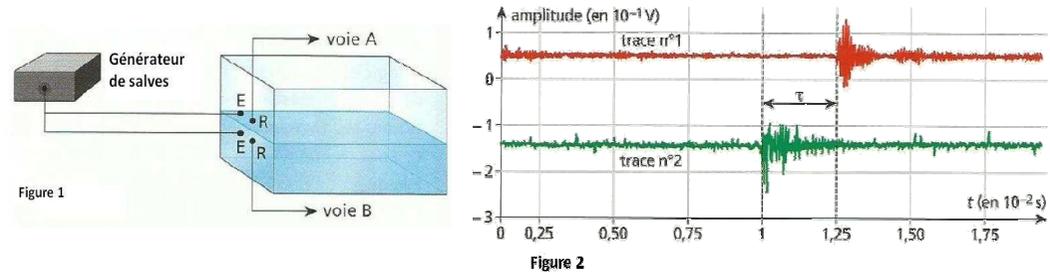
$$v = \sqrt{F \times \mu} \quad ; \quad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad ; \quad v = \sqrt{\frac{\mu}{F}}$$

Dans ces formules, F représente la tension de la corde (en N)
 μ est la masse linéique de la corde (en kg.m^{-1})

- En réalisant une analyse dimensionnelle, identifier la formule correcte.
- La corde utilisée mesure 1,50 m et a une masse de 1,83 kg. En déduire sa tension.

Exercice 02 : Propagation des ultrasons dans l'air et dans l'eau

Deux émetteurs (E) et deux récepteurs ultrasonores (R) sont disposés sur la paroi gauche d'un aquarium pour déterminer la célérité du son dans l'eau. Les deux émetteurs (E) envoient une salve d'ultrasons au même instant, les ondes émises se propagent de manière rectiligne vers la paroi droite de l'aquarium où elles se réfléchissent, puis elles sont détectées par les récepteurs (R) à leur retour sur la paroi gauche. Le récepteur et l'émetteur de la voie A sont dans l'air et ceux de la voie B sont dans l'eau, l'eau et l'air étant à une température de 20 °C. L'enregistrement obtenu est reproduit ci-dessous.



- Que représente concrètement la durée τ indiquée sur l'enregistrement ?
- Attribuer chaque trace de l'enregistrement à une voie de l'oscilloscope.
- Détermination de la célérité du son dans l'eau :

- Exprimer la durée Δt_{air} qui s'écoule entre l'émission d'une salve d'ultrasons et leur réception dans l'air en fonction de la célérité du son dans l'air v_{air} et de la longueur L de l'aquarium.
- Même question pour la durée Δt_{eau} qui s'écoule entre l'émission d'une salve d'ultrasons et leur réception dans l'eau en fonction de la célérité du son dans l'eau v_{eau} et de la longueur L .
- Sachant que $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ et que $L = 54 \text{ cm}$, en déduire v_{eau} à l'aide de l'enregistrement. Commenter.
- Quelle partie du dispositif expérimental faudrait-il modifier et comment pour améliorer la précision de cette valeur de vitesse ?

Exercice 03 : Ondes dans un rail

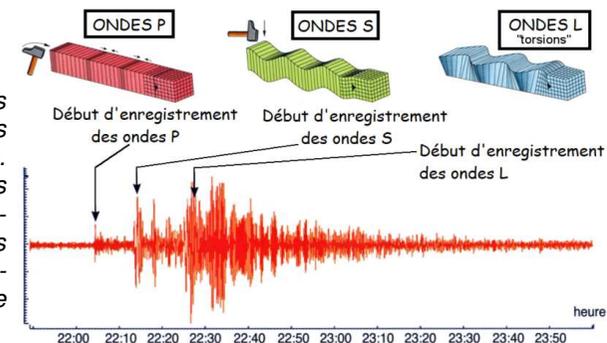
Un rail de chemin de fer de longueur $L = 20,0$ m est constitué d'acier dans lequel la célérité des ondes est v_{acier} .

Deux capteurs de vibration sont positionnés à chacune des extrémités du rail. A une distance $x < \frac{L}{2}$ d'une des extrémités, on donne un coup sec sur le rail. Les signaux reçus sont enregistrés à chaque extrémité et on relève la durée τ entre leurs réceptions à 20 °C.

- Quelle relation existe-t-il entre τ , L , x et v_{acier} ?
- En déduire la célérité v_{acier} des ondes sonores dans l'acier. Commenter.

Exercice 04 : Epicentre

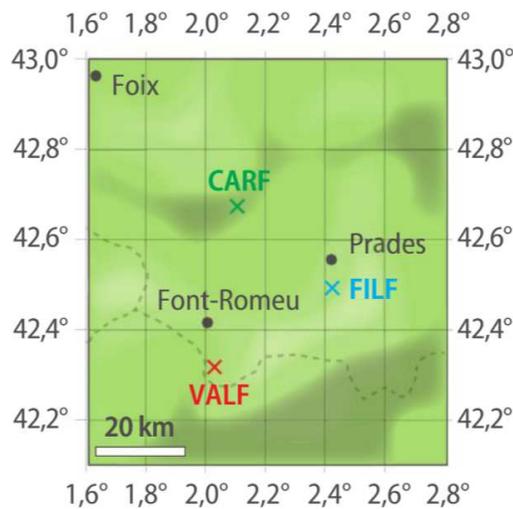
Les sismographes sont des appareils qui détectent et mesurent les ondes sismiques et leur amplitude. Trois types d'ondes sont émises lors d'un séisme : les ondes P (ondes longitudinales de compression), les ondes S (ondes transversales de cisaillement) et les ondes L (ondes de surface de torsion).



Trois stations des Pyrénées (CARF, VALF et FILF) ont enregistré des relevés d'ondes sismiques et noté les dates d'arrivée des ondes P et S lors d'un séisme.

STATION	Date t_P de début d'apparition des ondes P	Date t_S de début d'apparition des ondes S
VALF	13 h 23 min 57 s	13 h 24 min 00 s
CARF	13 h 23 min 55,5 s	13 h 23 min 58 s
FILF	13 h 23 min 59,5 s	13 h 24 min 04 s

- On donne deux valeurs de célérité moyenne pour les ondes sismiques S et P : $v_1 = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$ et $v_2 = 3,4 \text{ km.s}^{-1}$. Attribuer chaque vitesse à l'une de ces ondes
- Pour chaque station, déterminer la distance d à laquelle se trouve l'épicentre du séisme en fonction de t_P , t_S , v_1 et v_2 . Faire l'application numérique.
- En déduire une méthode pour situer l'épicentre du séisme sur la carte ci-contre.



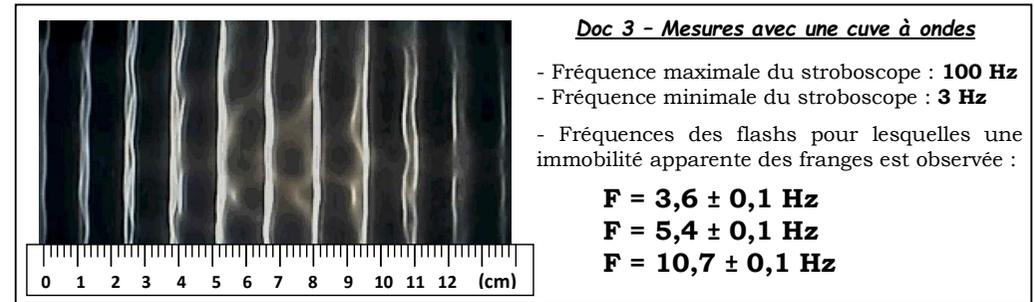
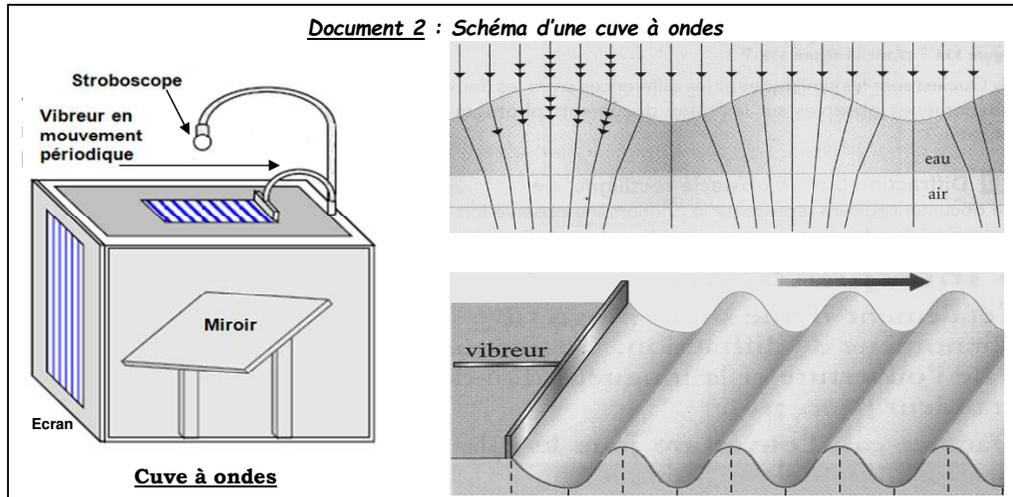
• Exercice 05 : Cuve à ondes

Doc 1 - Principe d'une cuve à ondes

La lumière provenant du stroboscope subit des phénomènes de réfraction à l'interface air/eau. Lors de sa traversée, certaines zones de l'eau concentrent donc la lumière alors que d'autres zones voient la lumière s'en éloigner. On observe alors une succession de franges brillantes et de franges sombres qui sont projetées via un miroir sur un écran.

Pour faciliter la prise de mesures, l'idéal est que ces franges paraissent immobiles sur l'écran. Pour cela, on règle d'abord les éclairs du stroboscope à leur fréquence maximale. On diminue alors progressivement la fréquence de ces flashes : la première fréquence pour laquelle les franges paraissent immobiles est égale à la fréquence des ondes périodiques créées à la surface de la cuve à ondes.

Document 2 : Schéma d'une cuve à ondes



- Les zones brillantes correspondent-elles aux sommets ou aux creux de l'onde périodique ?
- Déterminer la célérité des ondes du Document 3 avec le maximum de précision (toute étape de raisonnement sera valorisée à partir du moment où elle sera correctement rédigée).
- On montre que pour des ondes périodiques de ce type, la célérité v peut s'exprimer par la formule : $v = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}}$ où g est l'intensité de la pesanteur terrestre ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

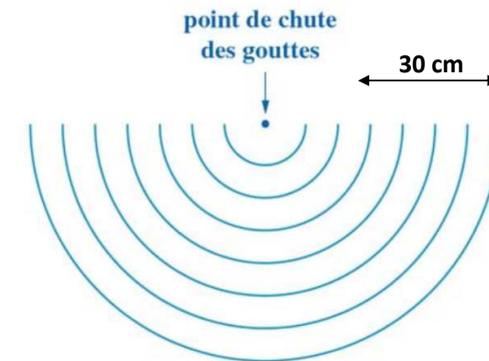
- Montrer par une analyse dimensionnelle que cette formule est homogène.
- Calculer la célérité de l'onde périodique avec la formule proposée et comparer au 2-.

• Exercice 06 : Ondes dans l'eau

Une ancre de bateau est remontée de l'eau et s'égoutte au-dessus de celle-ci. Les gouttes tombent périodiquement et créent une onde progressive périodique circulaire autour du point de chute.

On déclenche le chronomètre quand la goutte n°1 touche l'eau et on l'arrête quand la goutte n°20 touche l'eau : le chronomètre indique une durée $\Delta t = 22,45 \text{ s}$.

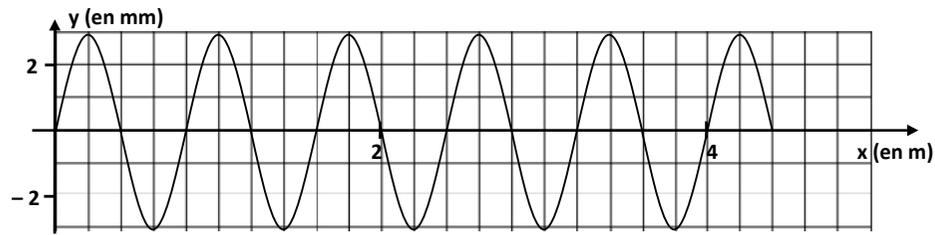
- Déterminer la célérité de cette onde à l'aide de la figure ci-contre qui schématise les crêtes à un instant quelconque.



- Une autre ancre de bateau laisse tomber les gouttes deux fois plus rapidement ; on observe alors des rides circulaires 3 fois plus resserrées que précédemment. En déduire si l'eau est un milieu dispersif.

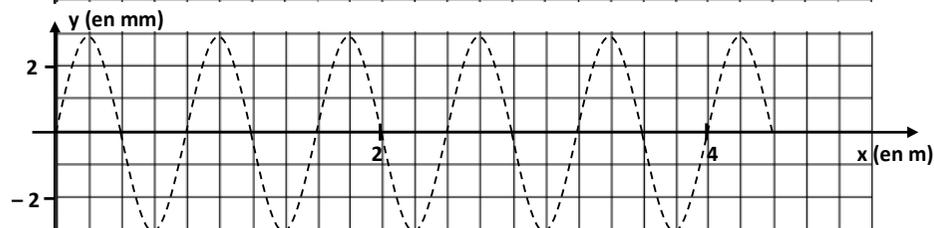
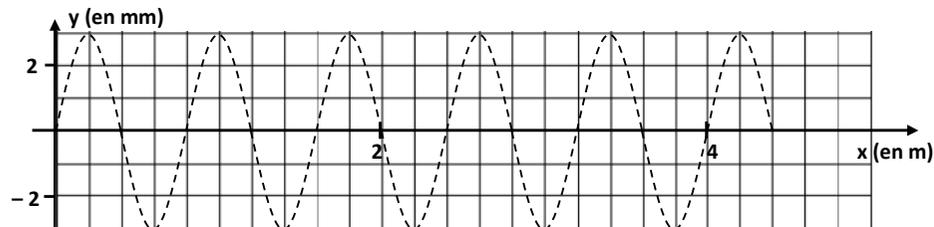
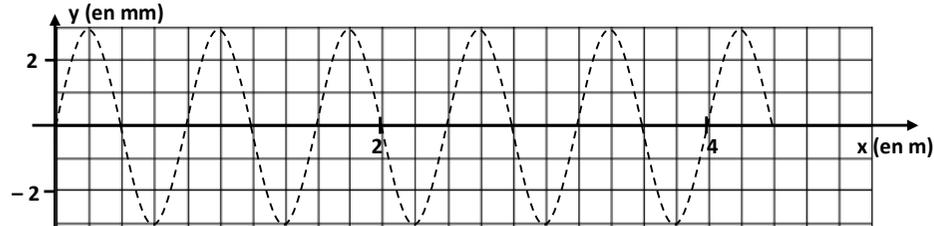
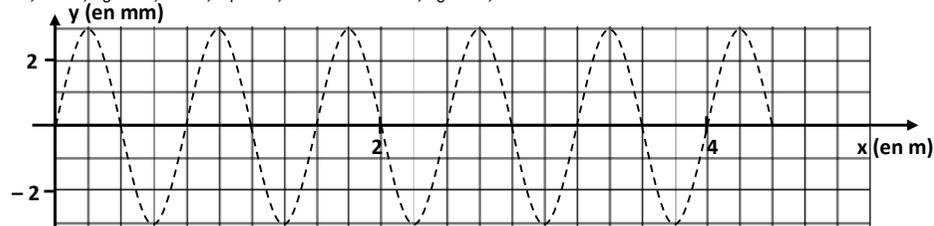
• Exercice 07 : Corde vibrante

Une corde est tendue horizontalement selon un axe (Ox). On crée à son extrémité O une onde sinusoïdale de fréquence $f = 5,00 \text{ Hz}$. A la date $t_1 = 4,00 \text{ s}$, la corde a l'allure ci-dessous.



1- Déterminer la période temporelle, la période spatiale et la célérité de cette onde.

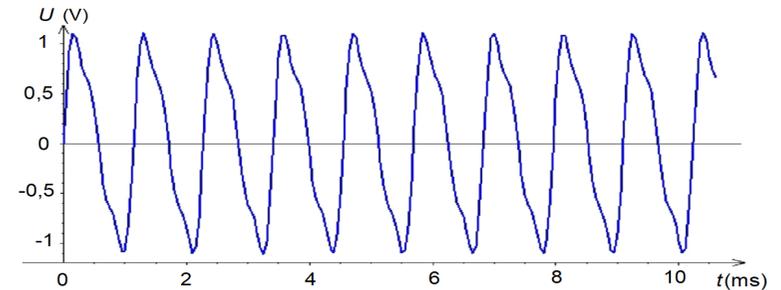
2- Sur les quatre graphiques ci-dessous, on a reproduit en pointillés l'allure de la corde à la date $t_1 = 4,00 \text{ s}$. Pour chacun, dessiner en traits pleins l'allure de la corde aux instants de date $t_2 = 4,80 \text{ s}$, $t_3 = 3,70 \text{ s}$, $t_4 = 7,90 \text{ s}$ et enfin, $t_5 = 5,25 \text{ s}$.



3- La corde mesure 6m. Combien de points vibrent en phase avec l'extrémité O de la corde ?

• Exercice 08 : Instrument de musique

On enregistre le La_4 émis par un saxophone. On obtient le signal électrique ci-contre.



1- Déterminer avec précision la fréquence du La_4 émis par le saxophone.

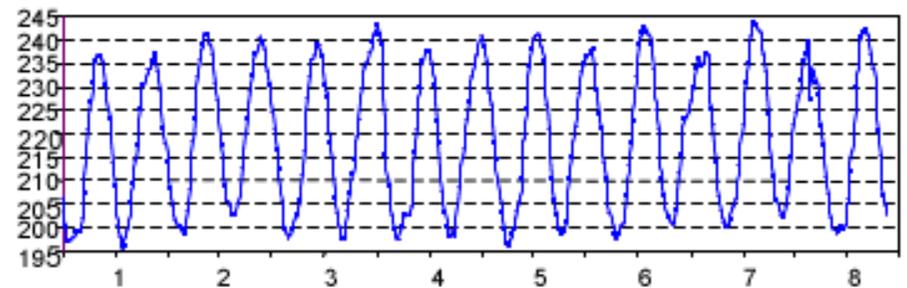
Le saxophoniste s'est accordé sur ce La_4 en intérieur ($20 \text{ }^\circ\text{C}$). Puis il sort en extérieur pour déambuler en plein hiver ($0 \text{ }^\circ\text{C}$) avec une fanfare.

2- En supposant que le saxophoniste ne change pas la taille de son saxophone, les spectateurs percevront-ils une différence entre son La_4 et celui d'un autre instrument accordé dans le froid ?

Données : - Célérité v du son dans l'air : $v = 20,07 \times \sqrt{\theta + 273,15}$ où θ est la température en $^\circ\text{C}$;
 - L'oreille humaine distingue deux sons de fréquences f_1 et f_2 si $f_2 / f_1 > 1,002$;
 - Changer la taille du saxophone modifie la longueur d'onde du son.

• Exercice 09 : Modélisation de la marche d'un joggeur

Lorsqu'un homme marche, on remarque que le déplacement le plus significatif est le mouvement vertical de la hanche. Le graphique représenté ci-dessous représente l'altitude Z_e (en mm) de la hanche en fonction du temps t (en s) lors de la marche d'un homme.



En vue de la modélisation, on assimile le mouvement vertical de la hanche à un déplacement vérifiant l'expression : $Z_e(t) = Z_{em} \cdot \cos(\omega t) + Z_{moy}$

Dans la suite, on fera abstraction de la position de l'origine des temps.

1- Un étudiant propose une expression du type : $Z_e(t) = Z_{em} \cdot \cos(\omega t + \phi)$. Pourquoi cette expression ne peut-elle pas convenir ?

2- A l'aide de mesures réalisées sur le graphique, déterminer la valeur moyenne Z_{moy} , l'amplitude Z_{em} du mouvement puis sa pulsation ω .

3- En marchant continuellement ainsi, combien ce joggeur fera-t-il de pas en une heure ?