

TP 22 : Ondes mécaniques

Mesures de célérité et de longueur d'onde

Capacités exigibles :

- Analyser la propagation d'une perturbation dans un milieu élastique.
- Distinguer onde transversale, onde longitudinale, onde plane et onde sphérique.
- Mesurer un retard, une célérité.
- Citer et exploiter la relation entre fréquence, longueur d'onde et célérité.
- Caractériser les ondes sonores et ultrasonores.
- Présenter des applications utilisant les ultrasons.

Capacités expérimentales :

- Mesures d'un retard, d'une célérité et d'une longueur d'onde à l'aide d'une représentation temporelle obtenue via Python et la carte SYSAM-SP5

Travail préparatoire (à faire à la maison) :

Rédiger l'ensemble des réponses aux questions de l'appel 0 sur les différentes annexes, qui seront notées dès le début de la séance.

I. Caractérisation des phénomènes ondulatoires :



Visualiser la vidéo suivante : « Chapitre 11 – Savoir caractériser une onde »

- A l'aide de la vidéo citée ci-dessus, compléter *l'annexe 00 du TP22*.
- Sur *l'annexe 01 du TP 22* (à imprimer et à compléter), cocher les cases correspondant aux différents exemples.



**Visualiser la vidéo suivante :
« Chapitre 11 – Savoir exprimer littéralement et numériquement une OPPH »**

- A l'aide de la vidéo citée ci-dessus, compléter *l'annexe 02 du TP22*.

APPEL 0 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

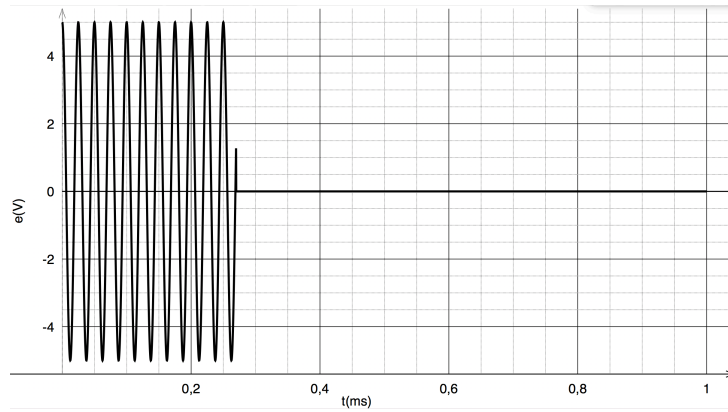
Les ondes ultrasonores sont utilisées dans de nombreux domaines : médecine (échographie), sondes pour les mesures d'épaisseurs, détecteurs de défauts de soudure à ultrasons...

II. Mesure de la célérité d'ondes ultrasonores :

A. Préparation du signal émis :

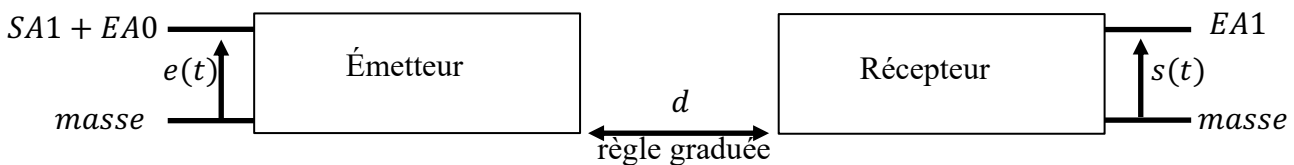
Afin de mesurer la célérité des ondes ultrasonores dans l'air, l'émetteur ne doit pas émettre des signaux/ondes ultrasonores en permanence.

Il doit émettre un signal $e(t)$ appelé « salve d'ultrasons » dont la représentation temporelle est la suivante :



Pour obtenir ce type de signal, on utilise la sortie SA1 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5. Ouvrir le logiciel PYZO (Python version 3.6) et le fichier nommé « TP22_celerite.py ».

Réaliser le montage suivant, avec des grands fils de connexion :



Pour la première mesure, on prend $d = 40 \text{ cm}$.

A l'aide de la fiche technique de l'émetteur ultrasons, déterminer la valeur de la fréquence de l'onde ultrasonore à saisir dans le code Python (ligne 61).

1. Cette fréquence appartient-elle au domaine des ultrasons ? Justifier votre réponse à l'aide du paragraphe III.A chapitre 11.
2. A l'aide de la fiche technique de l'émetteur ultrasons, déterminer la nature de filtrage réalisé par les émetteurs ultrasons.
3. Quel est le système étudié dans cette expérience ?

APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lancer l'exécution du script et faire vérifier par le professeur que les signaux obtenus sont cohérents.

Afin que les deux signaux ne se superposent pas, le signal de sortie $s(t)$ a été décalé vers le bas à l'aide d'une opération mathématique située dans le code Python.

B. Premières observations du signal de sortie :

On nomme Δt , la durée (en seconde) pour que la perturbation ultrasonore parcourt la distance d .

4. Quel est le nom donné à Δt depuis le début de l'année ?
5. Le signal émis $e(t)$ a-t-il la même forme que le signal reçu, noté $s(t)$?
6. Diminuer la distance d entre l'émetteur et le récepteur et relancer l'acquisition : qu'observez-vous ? (2 commentaires sont attendus)
7. Proposez une justification/explication à ces deux observations.
8. A l'aide de vos connaissances, donner la formule théorique donnant d en fonction de Δt et v (on attend dans cette question une formule du type $d = \dots$).

9. Si l'on trace d en fonction de Δt , quel type de droite va-t-on obtenir : une droite passant par l'origine ou une droite ne passant par l'origine ?
10. A quelle grandeur correspond le coefficient directeur de cette droite ?

APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

C. Première mesure de la célérité des ondes ultrasonores :

A l'aide de ce dispositif, on souhaite mesurer la célérité des ondes ultrasonores dans l'air, notée v . On se place à $d = 40 \text{ cm}$ pour démarrer. Lancer l'exécution du script Python.

A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du graphe, mesurer ensuite la durée Δt écoulée pour que la perturbation parcourt la distance d , en seconde. **On mesure le retard Δt en se basant sur le début des salves.**

Ouvrir le logiciel Regressi.

Sur Regressi, aller dans FICHER/NOUVEAU/CLAVIER. Saisir deux variables expérimentales : d en mètres (m) et DELTAT en seconde (s).

Dans l'onglet TABLEAU, entrer la valeur de d en mètre et la valeur de Δt en seconde.

Aide : sur Regressi, 40×10^{-3} peut se saisir $40e - 3$

Effectuer une série de 10 mesures de d et Δt pour $d \in [100 \text{ mm} ; 400 \text{ mm}]$. Cliquer sur « incertitudes » puis entrer les incertitudes suivantes : 10 mm pour chaque mesure de d et $0,05 \text{ ms}$ pour chaque mesure de Δt

Attention : Δt est positif (valeur absolue du décalage temporel) bien que la « sortie » soit en retard par rapport au signal « d'entrée »

Sur Regressi, à l'aide de l'icône « Coordonnées », tracer ensuite d en fonction de Δt en ne faisant apparaître que des points (+), non reliés, en noir.

Nous souhaitons déterminer la valeur expérimentale du coefficient directeur de la droite obtenue, à l'aide du logiciel Regressi.

Pour cela, dans GRAPHE, sélectionner MODELE puis MODELES. Choisir alors le modèle pertinent. Valider et cliquer sur « Ajuster ».

APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Imprimer au format paysage, le graphe obtenu.

11. Relever sur votre copie, l'encadrement de la valeur coefficient directeur de la droite (donné par Regressi), ainsi que son unité.

12. On donne la formule suivante :

$$v_{th} = 331,4 + 0,607 \times \theta$$

avec v en m/s

θ en $^{\circ}C$

Mesurer la température θ de la salle et en déduire la célérité théorique v_{th} des ondes ultrasonores dans l'air.

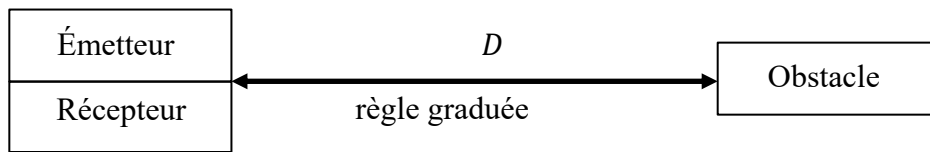
13. La valeur théorique v_{th} appartient-elle à l'encadrement expérimental ? Si oui, conclure.

Si votre valeur théorique n'appartient pas à l'encadrement expérimental, passer la modélisation en modèle « affine ». Après ajustement, relever alors le nouvel encadrement expérimental de la célérité des ondes dans l'air. La valeur théorique appartient-elle à l'encadrement expérimental ? Conclure.

APPEL 4 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

D. Deuxième mesure de la célérité des ondes ultrasonores :

On place cette fois-ci, l'un à côté de l'autre, l'émetteur et le récepteur à la graduation 0 cm . On place un obstacle à une distance D :



Mettre l'un à côté de l'autre, l'émetteur et le récepteur à la graduation $x_1 = 0\text{ cm}$. Mettre un obstacle à une distance D . Lancer l'exécution du script.

14. À l'aide d'une justification claire, calculer la nouvelle valeur expérimentale de la célérité v_{exp} (pour une seule mesure).
15. Comparer (à l'aide d'un écart relatif) la nouvelle valeur expérimentale v_{exp} obtenue à celle de v_{th} et conclure.

APPEL 5 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

III. Mesures de la longueur d'onde λ d'OPPH :

A. Double périodicité des ondes :

Ouvrir la simulation suivante :


https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_fr.html

Régler la simulation ainsi : choisir « Osciller », « Pas d'extrémité », « Aucun amortissement ». Cocher « Règles » et « Chrono ». Faire pause puis cliquer sur Redémarrer.

L'amplitude est de $0,75\text{ cm}$ et la fréquence de la perturbation est $1,50\text{ Hz}$. La tension est sur « élevée ».

Repérer le point noir situé sur le disque, permettant de créer la perturbation à l'origine de la corde.

Lancer le chronomètre (qui ne démarre pas on ne s'inquiète pas). Son unité est la seconde.

À l'aide de ce bouton , faire tourner le point noir d'un tour complet, pour qu'il revienne à sa position d'origine.

16. Comment nomme-t-on la durée qui s'est écoulée durant le tour complet du disque ?
17. En déduire la valeur de la période T de l'onde plane progressive harmonique simulée ici.
18. Vérifier alors que la fréquence affichée par la simulation correspond à celle mesurée. Un écart relatif doit être calculé si les deux valeurs ne sont pas identiques.
19. Qu'observez-vous sur l'allure de la corde lorsqu'une période T s'est écoulée ?
20. Mesurer la période du motif qui est apparu sur la corde, à l'aide des outils de la simulation, **en précisant son unité.**
21. À l'aide de votre travail préparatoire, indiquer le nom donné à cette « nouvelle période » ainsi que la lettre qu'on lui associe.
22. À l'aide de votre travail préparatoire, en déduire la valeur de la célérité v de l'onde se propageant dans la corde, en m/s .
23. À l'aide de votre travail préparatoire, en déduire l'expression numérique de l'onde $s(x, t)$. On prendra $\varphi_0 = 0$

APPEL 6 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

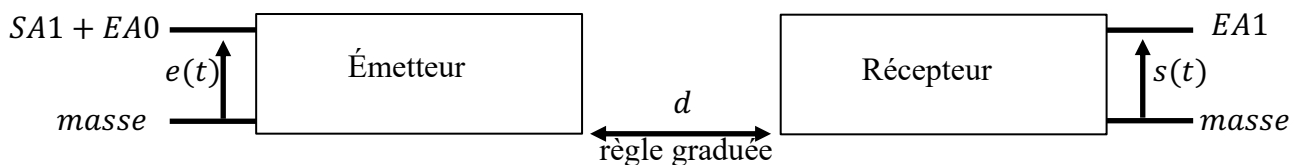
B. Mesure de la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores :

Afin de mesurer la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores dans l'air, l'émetteur doit émettre des signaux/ondes ultrasonores en permanence. PYZO n'est plus nécessaire ici.

Ouvrir le logiciel LATISPRO (voir fiche méthode expérimentale 07 si nécessaire). Dans l'onglet « Acquisition », sélectionner les entrées EA0 et EA1. Cocher « Périodique » et mettre le nombre de période sur 3, en mode permanent. Mettre le déclenchement sur EA0.

Dans l'onglet « Sorties » (icône « flèche verte »), cocher le mode GBF et sortie active pour la sortie 1 (SA1). Le signal sinusoïdal alternatif généré par la carte SYSAM-SP5 doit avoir une amplitude de 5,00 V et une fréquence de 40 kHz.

Réaliser le montage suivant, avec des grands fils de connexion :



On prend $d = 0 \text{ cm}$. L'émetteur est placé sur la graduation 0 cm.

Lancer l'acquisition par le menu Exécuter (ou F10).

APPEL 7 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Sur l'écran de LATISPRO, on observe alors la représentation temporelle du signal d'entrée et du signal de sortie.

Décaler légèrement le récepteur pour que les signaux soient en phase. Relever la valeur de l'abscisse correspondant à la position du récepteur, notée x_1 .

Continuer ensuite à déplacer le récepteur (sans toucher à l'émetteur) en observant l'écran : le signal de sortie doit se décaler temporellement de 10 périodes. Noter l'abscisse notée x_2 .

24. Calculer la distance d parcourue par le récepteur.

25. A l'aide de votre travail préparatoire (deuxième définition de la longueur d'onde), en déduire la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores.

26. Calculer la longueur d'onde théorique à l'aide de la formule suivante : $\lambda = \frac{v}{f}$.

27. Comparer les valeurs de λ obtenues et conclure.

APPEL 8 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

IV. Puissance moyenne transportée par une OPPH sonore :

Lire le paragraphe III.C du chapitre 11.

On cherche à déterminer la puissance moyenne surfacique transportée par une onde sonore (se déplaçant dans le sens des x positif), se propageant dans l'air de masse volumique $\rho = 1,184 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, à 25°C.

28. Déterminer la valeur de l'impédance acoustique caractéristique du milieu, notée Z_{sonore} , en précisant son unité.

L'amplitude de la surpression acoustique est $A_p = 1,0 \times 10^{-5} \text{ Pa}$.

29. En déduire la valeur de la puissance moyenne surfacique transportée par l'onde $\langle P_s \rangle$ en précisant son unité.

30. En déduire la puissance moyenne $\langle P \rangle$ transportée par cette onde à la traversée d'un tympan de surface $S = 60 \text{ mm}^2$
31. Déterminer la valeur du niveau de puissance en dBm de cette onde.

APPEL 9 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.