

## TP 20 de Physique : Mesures de célérité et de longueur d'onde pour des ondes mécaniques

### Capacités exigibles :

- Distinguer les caractéristiques d'une onde mécanique de celles d'une onde électromagnétique (OEM)
- Savoir définir et connaître la relation entre la longueur d'onde, la célérité et la fréquence d'une onde

### 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

### I. Caractérisation des phénomènes ondulatoires :



**Visualiser la vidéo suivante :**  
« **Savoir caractériser une onde** »



1. A l'aide de la vidéo citée ci-dessus, compléter *l'annexe 00 du TP 20*.
2. Sur *l'annexe 01 du TP 20*, cocher les cases correspondant aux différents exemples.



**Visualiser la vidéo suivante :**  
« **Modélisation d'une OPPH** »



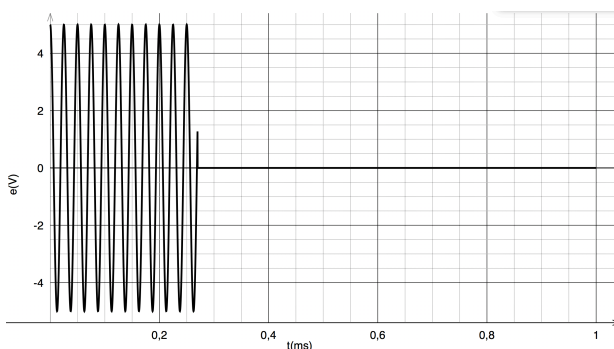
3. A l'aide de la vidéo citée ci-dessus, compléter *l'annexe 02 du TP 20*.

### **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 :

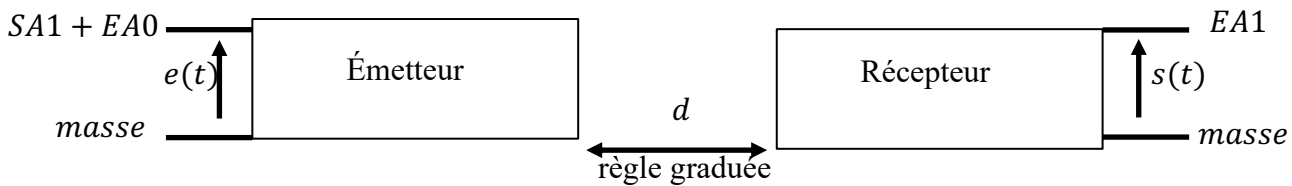


Afin de mesurer la célérité des ondes ultrasonores dans l'air, l'émetteur ne doit pas émettre des signaux/ondes ultrasonores en permanence.

Il doit émettre un signal  $e(t)$  appelé « salve d'ultrasons » dont la représentation temporelle est donnée ci-contre.

Pour obtenir ce type de signal, on utilise la sortie SA1 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5. Ouvrir le logiciel Eductpython et le fichier nommé « TP20\_celerite.py ».

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



Pour la première mesure, on prend  $d = 400 \text{ mm}$ .

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.
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 dans le script Python.

#### **B. Premières observations du signal de sortie :**

On nomme  $\Delta t$ , la durée (en seconde) pour que la perturbation ultrasonore parcourt la distance  $d$ .

4. Quel est le nom donné à  $\Delta t$  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  $\Delta t$  et  $v$  (on attend dans cette question une formule du type  $d = \dots$ ).
9. Si l'on trace  $d$  en fonction de  $\Delta t$ , 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  $d = 400 \text{ mm}$  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  $\Delta t$  écoulée pour que la perturbation parcourt la distance  $d$ , en seconde. **On mesure le retard  $\Delta t$  en se basant sur le début des salves.**

Ouvrir le logiciel Regressi.

Sur Regressi, aller dans FICHIER/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  $\Delta t$  en seconde.

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

Relever sur votre copie, la température  $\theta$  de la salle.

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

**Attention :  $\Delta t$  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  $\Delta t$  en choisissant « Incertitudes » dans le menu déroulant des points (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, la valeur coefficient directeur de la droite (donné par Regressi), ainsi que son unité et son incertitude-type.

12. On donne la formule suivante :

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

avec  $v$  en  $\text{m/s}$

$\theta$  en  $^{\circ}\text{C}$

A l'aide de la température  $\theta$  de la salle, en déduire la célérité de référence  $v_{\text{réf}}$  des ondes ultrasonores dans l'air.

13. La valeur de référence  $v_{\text{réf}}$  est-elle compatible avec la valeur expérimentale ? Justifier votre réponse.

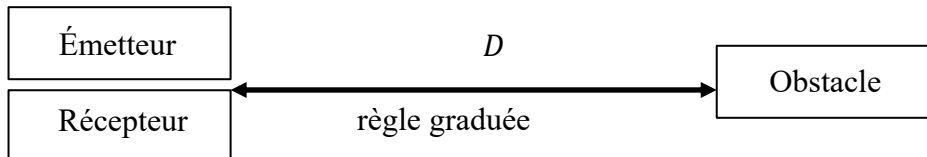
Si la valeur de référence  $v_{\text{réf}}$  n'est pas compatible avec la valeur expérimentale, passer la modélisation en modèle « affine ». Après ajustement, relever alors les nouvelles valeur et incertitude-type de la célérité des

ondes dans l'air. Vérifier alors une nouvelle la compatibilité des deux valeurs. Si elles ne sont toujours pas compatibles, appeler l'enseignant.

**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  $x_1 = 0$  cm. Mettre un obstacle à une distance  $D$ . Lancer l'exécution du script.

14. A l'aide d'une justification claire, calculer la nouvelle valeur expérimentale de la célérité  $v_{exp}$  (pour une seule mesure).
15. Sans calculer ni z-score, ni écart normalisé, vérifier rapidement la compatibilité de cette nouvelle valeur expérimentale avec vos deux précédentes valeurs.

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

III. Mesures de la longueur d'onde  $\lambda$  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](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 cm et la fréquence de la perturbation est 1,50 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.

A 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 corresponde à celle mesurée.
19. Qu'observez-vous sur l'allure de la corde lorsqu'une période  $T$  s'est écoulée ?
20. Caractériser l'onde observée à l'aide du vocabulaire usuel (explicité en annexe 00).
21. Ce type d'onde n'existe pas : justifier en une phrase la nécessité de son étude détaillée.
22. Mesurer la période du motif qui est apparu sur la corde, à l'aide des outils de la simulation, **en précisant son unité.**
23. A l'aide de votre travail préparatoire, indiquer le nom donné à cette « nouvelle période » ainsi que la lettre qu'on lui associe.
24. A l'aide de votre travail préparatoire, en déduire la valeur de la célérité  $v$  de l'onde se propageant dans la corde, en  $m/s$ .
25. A 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.**