

Célérité d'une onde

Détermination expérimentale dans diverses situations

Objectifs :

- x déterminer la célérité d'une onde dans plusieurs cas de figure et par différentes techniques ;
- x étudier l'influence de quelques paramètres sur la célérité de l'onde ;
- x exploiter de la notion de retard pour calculer la célérité d'une onde sonore.

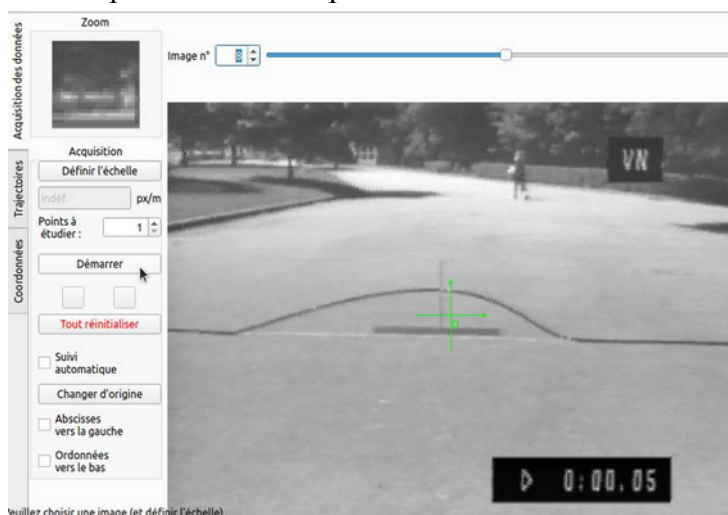
Les trois parties de ce TP sont indépendantes, vous pouvez les traiter dans l'ordre qui vous convient.

Dans les parties I et II, il s'agit d'effectuer des pointages des positions successives du front de l'onde à l'aide du logiciel Pymecavidéo afin d'en déterminer la célérité par un calcul simple

I. ONDE LE LONG D'UNE CORDE - INFLUENCE DE LA TENSION

1. Corde non tendue

1. Téléchargez la vidéo de l'onde mécanique à l'adresse ci-dessous et enregistrez-la sur votre ordinateur.
<https://colibris.link/corde1>
2. Lancez le logiciel *Pymecavidéo*, puis *Fichier* → *Ouvrir une vidéo*.
3. Cliquer sur *Définir l'échelle*. La règle grise mesure 1 mètre. Tracer un segment le long de cette règle pour indiquer l'échelle de l'image.
4. Changer éventuellement l'origine du repère.
5. Avancer si besoin image par image jusqu'à voir le front de l'onde.
6. Cliquer sur *Démarrer* et pointer à chaque fois l'endroit où la corde commence à se soulever du sol.
7. Quand tous les pointages sont effectués, cliquer sur l'onglet *Coordonnées*.
8. On ne s'intéresse qu'à l'abscisse x du front d'onde : à l'aide de l'abscisse en $t=0$ et de celle du dernier point, calculer la distance d parcourue par le front d'onde.
9. Relever la durée Δt du parcours.
10. Calculer la célérité de cette onde sur la corde non tendue.



2. Corde tendue

Répéter les mêmes mesures que pour la corde non tendue avec la vidéo téléchargée à l'adresse ci-dessous :

<https://colibris.link/corde2>

Noter la célérité de l'onde sur la corde tendue.

3. Influence de la tension de la corde

1. Comparez les deux vitesses obtenues. La vitesse de propagation dépend-elle de la tension de la corde ?
2. L'expression de la vitesse de propagation d'une perturbation le long d'une corde est $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, où T est la tension de la corde et μ sa masse linéique.
Les deux cordes étant identiques, vos deux mesures de vitesse sont-elles en accord avec cette expression mathématique ?

II. CUVE À ONDES - CÉLÉRITÉ ET PROFONDEUR

1. Détermination de la célérité

1. Téléchargez la vidéo disponible à l'adresse suivante : <https://colibris.link/goutte>
2. Ouvrez cette vidéo avec le programme **Pymécavidéo**.
3. Définir l'échelle de l'image d'après les indications données sur la vidéo.
4. Placer l'origine du repère au centre du cercle lumineux visible sur la première image.
5. Cliquer sur Démarrer et pointer les positions du bord du cercle lumineux.
6. On récupère les coordonnées x et y pour calculer le rayon du cercle à l'aide d'un tableur.



1. Cliquer sur l'onglet **Coordonnées** → **Copier les mesures dans le presse-papier**.
2. Ouvrez le tableur Libreoffice, puis collez les mesures.
3. Dans une nouvelle colonne, calculez le rayon du cercle sachant que $r = \sqrt{x^2 + y^2}$.
4. En utilisant les valeurs finales et initiales du rayon r, calculez la distance **d** parcourue par l'onde.
5. Notez la durée **Δt** du parcours.
6. Calculez la vitesse de l'onde dans la cuve.

2. profondeur de la cuve

La vitesse d'une onde à la surface de l'eau est donnée par la relation $v = \sqrt{g \times h}$, où **h** est la profondeur et $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Calculez la profondeur de l'eau dans la cuve filmée.
2. Votre résultat est-il cohérent avec la géométrie d'une cuve à onde utilisée en classe ?

III. DÉTERMINATION DE LA VITESSE DU SON DANS L'AIR

1. Réalisation de la mesure

Activité expérimentale 2 page 323

Cette activité utilise l'application Phyphox → chronomètre sonore.

Vous retiendrez le réglage du seuil suivant : 0,6. Il permet de détecter au mieux le pic sonore et améliore la précision de la mesure.



QR_Code 1 : Accéder à la page de l'activité

Raisonnement alternatif pour la question 2

1. Avec quel décalage temporel τ , le chronomètre de S_2 se déclenche-t-il au premier clap ? Exprimer τ en fonction de la vitesse du son v et de la distance d entre les deux smartphones.
2. Avec quelle avance sur S_1 le chronomètre de S_2 s'arrête-t-il lors du deuxième clap ?
3. On note Δt le décalage total entre les deux chronomètres. Exprimez Δt en fonction de la distance d et de la vitesse du son v .

2. Estimation de l'incertitude

Toute mesure en physique ou en chimie est assortie d'une incertitude qu'il est important de savoir calculer pour :

- x estimer la justesse de la mesure ;
- x écrire le résultat avec un nombre cohérent de chiffres significatifs.

Rappel des mesures effectuées

Distance entre les deux appareils : $d = \dots\dots\dots \text{ m}$

Intervalle de temps entre les deux chronomètres : $\Delta t = \dots\dots\dots \text{ s}$

Relation permettant de calculer la vitesse du son : $v_{\text{son}} = \frac{2 \times d}{\Delta t}$

Résultat de la mesure de la vitesse du son : $v_{\text{son}} = \dots\dots\dots \text{ m} \cdot \text{ s}^{-1}$

L'incertitude sur la mesure de la vitesse provient de :

- \times l'incertitude sur la mesure de la distance d entre les deux micros des tablettes ;
- \times l'incertitude sur la mesure de la durée provenant notamment de la précision de l'affichage du temps (millième de seconde).

On notera $u(d)$ et $u(\Delta t)$ les incertitudes respectives sur la mesure de la distance et du temps.

Compte tenu de l'expression permettant de déterminer la vitesse du son, on peut montrer que ces deux incertitudes se combinent de la façon suivante :

$$\frac{u(v_{\text{son}})}{v_{\text{son}}} = \sqrt{\left(\frac{u(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$$

$\frac{u(v_{\text{son}})}{v_{\text{son}}}$ est appelée **incertitude relative** sur la mesure de la vitesse.

Les relations mathématiques qui suivent permettant de calculer les incertitudes ne sont pas à connaître par cœur, elles vous seront toujours indiquées.

Le tableau ci-dessous vous permet de traiter les incertitudes unes à unes avant de les combiner.

Grandeur	Récapitulatif	Expression	Valeur numérique
d	$d = \dots\dots\dots \text{ m}$ $p = \dots\dots\dots \text{ m}$	$u(d) = \frac{p}{\sqrt{6}}$	
Δt	$\Delta t = \dots\dots\dots \text{ s}$ $p = 0,001 \text{ s}$	$u(\Delta t) = \frac{p}{2\sqrt{3}}$	
$\frac{u(v_{\text{son}})}{v_{\text{son}}}$	$v_{\text{son}} = \dots\dots\dots \text{ m} \cdot \text{ s}^{-1}$	$\frac{u(v_{\text{son}})}{v_{\text{son}}} = \sqrt{\left(\frac{u(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$	
$u(v_{\text{son}})$		$u(v_{\text{son}})$: multiplier le résultat précédent par v_{son}	

1. Exprimez la valeur de l'incertitude type $u(v_{\text{son}})$ avec **un seul chiffre significatif**.
2. Écrire la valeur de la vitesse du son mesurée avec le nombre cohérent de chiffres significatifs : le dernier chiffre significatif du résultat doit correspondre à celui de l'incertitude type.
3. Discutez de la précision du protocole, essayez d'identifier la principale source d'incertitude et proposez des pistes d'amélioration.