

# Mesures et incertitudes : activité pour les élèves

## Mesure de la célérité des ondes sonores : version B



Cette activité est adossée au programme de la partie « Ondes » de la spécialité SPCL (Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire) de la classe de terminale. Elle peut être proposée dans la séquence 2 : « l'onde, un phénomène de propagation ». Cette activité est proposée en deux versions :

- **Version A** : l'incertitude de la célérité mesurée est évaluée par une méthode de type A et la valeur obtenue est comparée à une valeur de référence.
- **Version B** : l'incertitude de la célérité mesurée est évaluée par une méthode de type B ; le poids des différentes sources d'erreur est estimé afin de trouver des moyens d'améliorer le protocole.

### Objectif de l'activité

Nous allons mesurer la célérité des ondes sonores dans l'air en appliquant un protocole fourni. L'évaluation de l'incertitude de cette mesure nous permettra ensuite de proposer des améliorations à ce protocole.

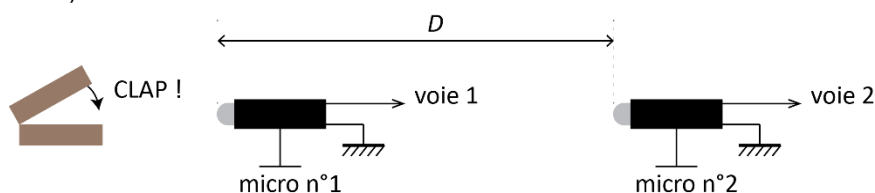
## 1. Réalisation du protocole et première exploitation des mesures

### Objectif de l'expérience

Le protocole suivant permet de réaliser l'enregistrement des signaux acquis par deux micros distants, à partir de la date à laquelle le premier micro reçoit un son d'amplitude suffisante. Ainsi un « clap sonore » à proximité du premier micro déclenchera l'enregistrement. La mesure de la durée de propagation de l'onde sonore entre les deux micros et de la distance qui les sépare nous permettra de calculer la célérité de l'onde sonore dans l'air.

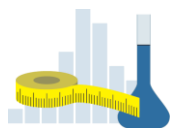
### Protocole de l'expérience

- Placer deux micros, alignés, à une distance voisine de 1 m l'un de l'autre.
- Brancher chacun des deux micros à une entrée de la carte d'acquisition.
- Régler ainsi le logiciel d'acquisition :
  - durée totale de l'acquisition : 6 ms ;
  - nombre de points : environ 1000 ;
  - déclenchement sur le signal acquis par le micro n°1, dans le sens montant, pour un seuil de 100 mV environ ;
  - pré-trig : 25 % (ce réglage permet de visualiser le signal acquis avant la réalisation de la condition de déclenchement).



### Réalisation des mesures

- Lancer l'acquisition : le logiciel attend que la condition de déclenchement soit réalisée.
- Faire un « clap sonore » devant le micro n°1 (en se plaçant dans l'axe des deux micros) : l'acquisition se déclenche.  
NB :
  - si l'acquisition se déclenche avant le clap sonore, demander aux autres de faire moins de bruit ou élever le seuil du déclenchement ;
  - si le signal acquis présente des saturations, faire un clap moins fort ou plus loin du micro n°1.
- Mesurer la distance  $D$  entre les entrées des deux micros.
- Exploiter le graphique obtenu pour mesurer la durée de propagation de l'onde sonore  $\Delta t$  entre les deux micros.



## Exploitation des mesures

1. Noter les valeurs de  $D$  et  $\Delta t$  mesurées précédemment.
2. Rappeler l'expression de la célérité de l'onde sonore en fonction de  $D$  et  $\Delta t$  et calculer sa valeur.

## 2. Sources d'erreur, incertitudes de mesure et étude critique du protocole

### Étude critique *intuitive* du protocole suivi

3. Intuitivement, parmi les modifications suivantes du protocole, sélectionner celle qui, selon vous, apporterait l'amélioration la plus importante :
  - remplacer le mètre ruban par un télémètre laser ;
  - augmenter la distance entre les deux micros ;
  - remplacer la carte d'acquisition par une autre ayant une meilleure résolution ;
  - utiliser une source sonore émettant un son plus bref.

### Sources d'erreur et évaluation des incertitudes-types des grandeurs mesurées

L'évaluation des incertitudes-types associées aux différentes sources d'erreur sera faire avec la feuille de calcul « MI\_CeleriteSON\_B\_Resultats ».

4. Ouvrir la feuille de calcul et, dans les cellules C2 et C5, noter les valeurs mesurées de la distance  $D$  et de la durée de propagation  $\Delta t$ . La célérité des ondes sonores est automatiquement calculée dans la cellule C10 : vérifier le résultat de la question 2.

#### Source d'erreur sur la mesure de la distance $D$

5. Compte tenu des conditions expérimentales de mesure de  $D$ , on estime que le demi-intervalle des valeurs possibles pour chaque position mesurée a une largeur de 0,5 cm. Le mètre ruban étant gradué en millimètres, justifier cette valeur en analysant les sources d'erreurs affectant la mesure de la distance. Saisir cette valeur dans la cellule C3. L'incertitude-type de la distance se calcule automatiquement.

#### Sources d'erreur sur la mesure de la durée de propagation $\Delta t$

La mesure de la durée  $\Delta t$  est affectée de plusieurs sources d'erreur :

- ▶ la période d'échantillonnage de la carte d'acquisition (durée écoulée entre deux points de mesure consécutifs) ;
  - ▶ le repérage des sommets des « pics » sélectionnés dans le graphique pour faire la mesure.
6. Rechercher la valeur de la période d'échantillonnage de la carte d'acquisition utilisée et saisir sa valeur dans la feuille de calcul (cellule C6).
  7. Exploiter l'enregistrement pour mesurer la demi-largeur des deux pics sélectionnés pour la mesure de  $\Delta t$  et noter leurs valeurs dans les cellules C7 et C8.

### Évaluation de l'incertitude-type de la célérité mesurée et amélioration du protocole

8. À présent que toutes les sources d'erreur ont été renseignées, l'incertitude-type de la célérité des ondes sonores s'affiche. Présenter le résultat de la mesure de  $v$  avec son incertitude, avec un nombre de chiffres significatifs adapté.
9. Le tableur affiche également, dans un diagramme, le « poids » relatif de chacune des sources d'erreur que nous avons prise en compte. Ce diagramme révèle que, parmi les modifications proposées à la question 3, deux d'entre elles ne serviraient absolument à rien : indiquer lesquelles et justifier à l'aide du diagramme.
10. Finalement, laquelle des modifications proposées à la question 3 serait à effectuer en priorité pour améliorer le protocole de mesure ? Pour justifier on pourra exploiter la relation utilisée par le tableur pour évaluer l'incertitude-type de  $v$  (mais aucun calcul numérique n'est attendu) :

$$u(v) = v \times \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \frac{u_{\text{ech}}^2(\Delta t) + u_{\text{pic1}}^2(\Delta t) + u_{\text{pic2}}^2(\Delta t)}{\Delta t^2}}$$