

TP**LA VITESSE DU SON DANS L'AIR**

Objectifs : réaliser et exploiter une série de mesures pour déterminer la valeur de la vitesse du son dans l'air ambiant.

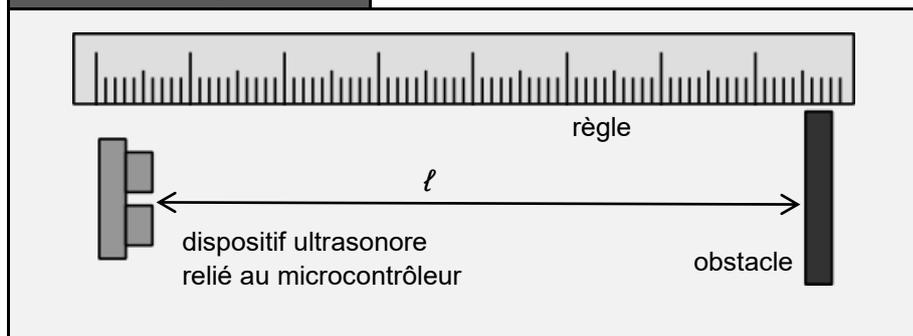


Problématique : lors d'un orage, on voit l'éclair avant d'entendre le tonnerre. Cela s'explique par le fait que la lumière voyage environ un million de fois plus vite dans l'air que le son. Quelle est la valeur de la vitesse du son dans l'air ambiant ?

Dans ce TP, on se propose de répondre à la problématique à l'aide d'un émetteur et d'un récepteur à ultrasons, placés côte à côte face à un obstacle. Les ultrasons voyagent à la même vitesse que les autres ondes sonores. L'émetteur émet d'abord un son dirigé vers l'obstacle, puis l'obstacle produit un écho sonore et le son de l'écho est finalement capté par le récepteur.

Dispositif ultrasonore

Vu de face, le dispositif ultrasonore présente un émetteur et un récepteur à ultrasons.

Schéma de l'expérience**Matériel**

- Programme : vitesse_son.ino ;
- microcontrôleur ;
- platine de connexion ;
- fils électriques ;
- règle ;
- dispositif ultrasonore ;
- obstacle.

Protocole

- Brancher les bornes VCC, TRIG, ECHO, SIG et GND du dispositif ultrasonore sur les fiches c5, c6, c7, c8 et c9 de la platine de connexion ;
- à l'aide d'un fil branché en d5 sur la platine, relier la fiche « VCC » du dispositif ultrasonore à la fiche « 5V » du microcontrôleur ;
- à l'aide de fils branchés en d6, d7 et d9, relier la fiche « TRIG » à la fiche 12, la fiche « ECHO » à la fiche 11 et enfin la fiche « GND » à la fiche « GND » ;
- ouvrir le programme vitesse_son.ino avec le logiciel Arduino puis le téléverser dans le microcontrôleur branché en USB à l'aide du bouton ;
- disposer les éléments de l'expérience comme indiqué sur le schéma ;
- dans le logiciel Arduino, ouvrir le moniteur série à l'aide de l'icône en forme de loupe.

I. MESURES DE LA DURÉE DE PARCOURS DES ULTRASONS

1. Identifier parmi les propositions suivantes celle qui donne la relation mathématique entre la vitesse v de l'onde ultrasonore, la distance d qu'elle parcourt et la durée Δt de son parcours :

a. $v = d \times \Delta t$

b. $v = \frac{d}{\Delta t}$

c. $v = \frac{\Delta t}{d}$

2. Au cours de l'expérience, la distance parcourue par l'onde ultrasonore est $d = 2 \times \ell$. Justifier cette égalité à l'aide du schéma de l'expérience.

Justifier l'égalité.

3. Réaliser le protocole expérimental et compléter le tableau ci-dessous : **APPEL** 🙌.

ℓ / mm	100	200	300	400	500	600	700	800
d / mm	Valeur							
Δt / ms	Valeur							

Méthode

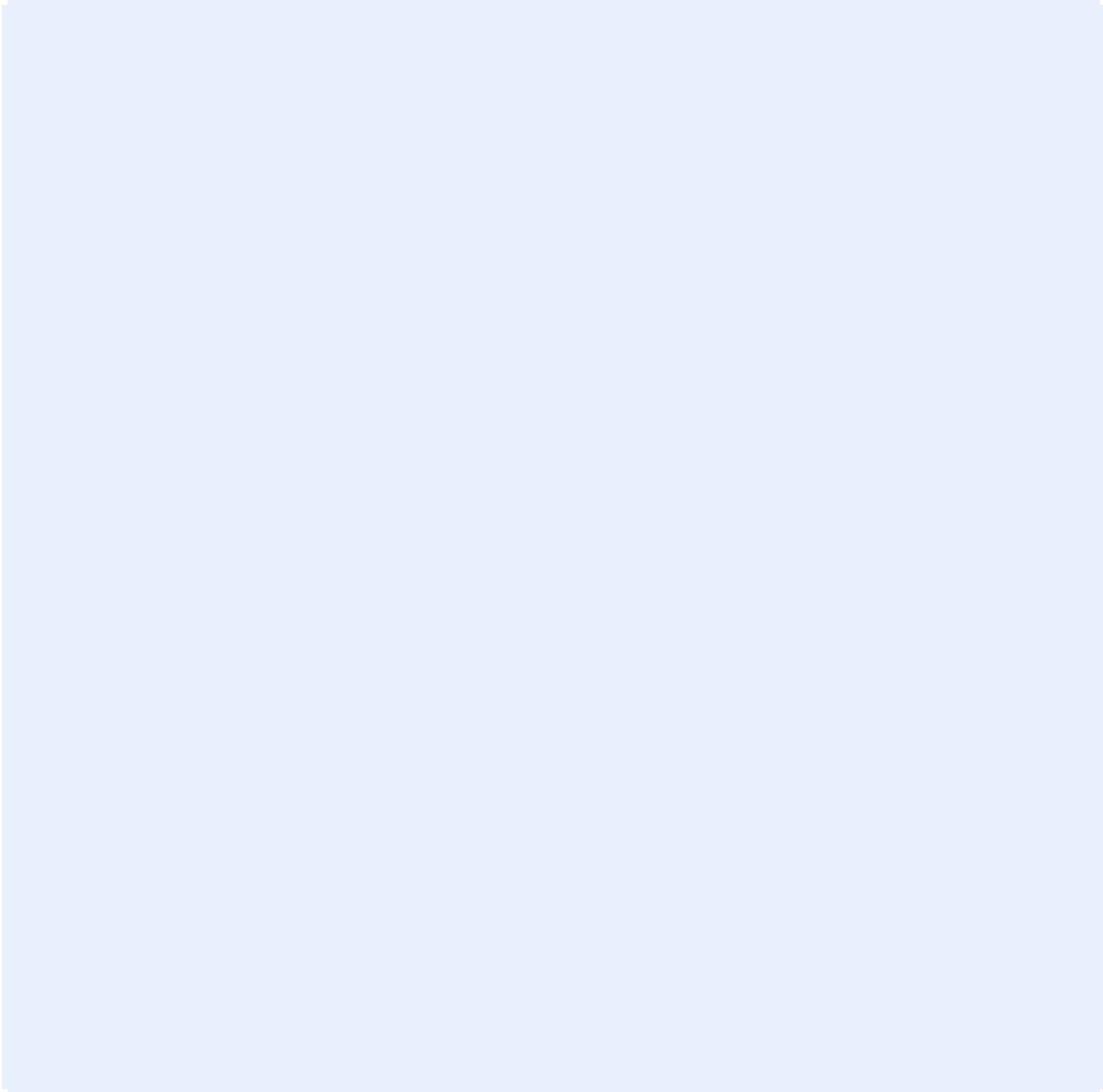
L'exploitation des résultats peut être menée à l'aide de deux méthodes différentes : par étude d'un graphique ou par étude statistique.

→ pour exploiter les résultats avec un graphique, répondre aux questions du **II.**

→ pour exploiter les résultats avec une étude statistique, répondre aux questions du **III.**

II. EXPLOITATION PAR MÉTHODE GRAPHIQUE

1. À l'aide du fichier fourni et du logiciel tableur-grapheur, construire la représentation graphique de la distance d parcourue par l'onde ultrasonore en fonction de la durée Δt de son parcours. En importer l'image ci-dessous.



Exploitation d'un graphique

Si au cours d'une expérience de sciences, le graphique réalisé est constitué de points « presque alignés » sur une droite (c'est-à-dire alignés, aux erreurs d'expérience près), on trace à la règle la droite qui passe au plus près de tous les points.

La droite du graphique qui modélise le comportement des grandeurs étudiées peut être caractérisée par les valeurs de son coefficient directeur et de son ordonnée à l'origine.

Le logiciel tableur-grapheur peut tracer la droite qui modélise au mieux les résultats expérimentaux. Afficher l'équation de cette droite permet de connaître la valeur du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine.

Ex. : une droite d'équation $y = 3,5 \times x + 7$ a un coefficient directeur égal à 3,5 et une ordonnée à l'origine égale à 7.

2. La valeur expérimentale v de la vitesse du son dans l'air est donnée par le calcul du coefficient directeur du graphique. Exploiter le fichier fourni, le logiciel tableur-grapheur et le graphique pour déterminer la valeur de v .

Valeur de v : Saisir la valeur de v .

3. La valeur de référence de la vitesse du son dans l'air est $v_{\text{ref}} = 345 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Déterminer si la valeur expérimentale est en accord avec la valeur de référence avec une tolérance de 5 %.

Réponse

III. EXPLOITATION PAR MÉTHODE STATISTIQUE

- À l'aide du fichier fourni et dans le logiciel tableur-grapheur, calculer la valeur de la vitesse des ultrasons dans l'air en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour chaque mesure expérimentale.
- Calculer la valeur moyenne de la vitesse du son dans l'air dans l'expérience réalisée.

Écart-type d'une série de valeurs

L'écart-type σ (« sigma ») d'une série de valeurs mesure la dispersion des valeurs autour de leur moyenne. Plus l'écart-type est petit, plus l'ensemble des valeurs est voisin de la moyenne. Inversement, dans un échantillon dont l'écart-type est grand, de nombreuses valeurs seront très éloignées de la moyenne.

Soit un échantillon de taille n . Les n valeurs de la série sont désignées par v_1, v_2, v_3, \dots et v_n , tandis que v_{moy} en désigne la valeur moyenne. L'écart-type σ se calcule alors selon la relation suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(v_1 - v_{\text{moy}})^2 + (v_2 - v_{\text{moy}})^2 + \dots + (v_n - v_{\text{moy}})^2}{n - 1}}$$

v_{moy} et σ ont les mêmes unités que v_1, v_2, \dots . Des fonctions intégrées dans les logiciels tableurs grapheurs permettent de réaliser automatiquement le calcul de l'écart-type.

- Calculer l'écart-type de la série de mesures de la valeur de la vitesse v du son dans l'air.
- Importer ci-dessous l'image du logiciel tableur-grapheur qui présente vos résultats.



- La valeur expérimentale v de la vitesse du son dans l'air est donnée par v_{moy} si les mesures ne sont pas trop dispersées, c'est-à-dire si $\frac{\sigma}{v_{\text{moy}}} < 5 \%$. Vérifier que la condition est satisfaite ici.

Réponse