



Maquette Célérité du son dans un solide 09924

NOTICE



Retrouvez
l'ensemble
de nos gammes sur :
www.pierron.fr

 **PIERRON**
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France

Tél. : 03 87 95 14 77 • Fax : 03 87 98 45 91

E-mail : education-france@pierron.fr

1 - Introduction

Ce dispositif permet de mesurer la vitesse* du son dans un solide (en l'occurrence du bois) en reliant distance et durée de propagation.

Pour cela, on dispose d'une barre en bois dans laquelle sont logés deux microphones reliés à la carte son stéréo d'un PC (doté du logiciel gratuit « Audacity »).

Il suffit de produire un bruit en heurtant une extrémité de la barre et de le capter à l'aide de chacun des deux microphones relativement éloignés l'un de l'autre. En exploitant l'enregistrement, on observe que le bruit ne parvient pas en même temps à chacun des deux microphones. La mesure de la durée Δt de propagation pour parcourir la distance d qui sépare les deux microphones permet de calculer la vitesse v du son dans les conditions de l'expérience.

D'un point de vue pédagogique, ce dispositif peut s'inscrire dans une « trilogie » expérimentale sur la mesure de la vitesse du son dans divers milieux : l'air (réf. 00271.10), l'eau (réf. 09923.10) et ici, un solide, le bois.

** vitesse : ce terme qui est celui utilisé dans les programmes officiels du C4, sera celui qui sera adopté par la suite, à la place de célérité, terme habituellement attribué dans le cas de la propagation d'une onde.*

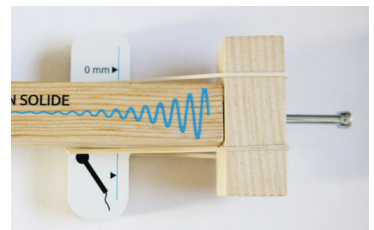
2 - Contenu de l'emballage

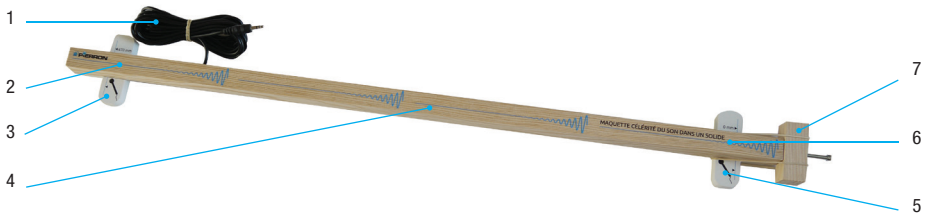
- Une maquette célérité du son dans un solide
- Deux élastiques
- Une notice

Montage - Entretien

La maquette est immédiatement prête à l'emploi dès que l'on a mis en place les deux élastiques comme sur la photo ci-contre : approximativement, ils sont parallèles à l'axe de la tige qui sert de guide.

Compte tenu de la nature du matériau, le bois, on veillera à **stocker la maquette à l'abri de l'humidité** pour éviter, autant que possible, des formations de la barre.



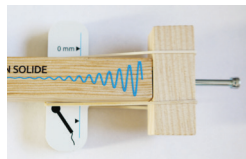


- (1) : Câble muni d'un jack stéréo (Ø 3,5 mm)
 (2) : Microphone B (logé dans la barre)
 (3) : Pied gauche avec repère
 (4) : Barre en bois

- (5) : Pied droit avec repère
 (6) : Microphone A (logé dans la barre)
 (7) : Heurtoir mobile sur axe, avec 2 élastiques

Détail Pied droit

Le repère **0 mm** indique la position du micro **A** logé dans la barre, et donc caché.

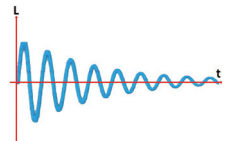


Détail Pied droit

Le repère **670 mm** indique la position du micro **B** par rapport au micro **A**. Il est lui aussi logé dans la barre, et donc caché.



La sérigraphie sur le dessus de la barre suggère, et sans plus, la propagation du bruit le long de la barre et son enregistrement sonore en divers points du milieu, illustrée comme ci-dessous (sans rapport avec la réalité expérimentale).



Expérience

1 - Matériel nécessaire

- Un PC avec carte son stéréo, doté du logiciel « Audacity » (gratuit, téléchargeable)
- Un mètre

2 - But de l'expérimentation

Il s'agit de calculer la vitesse **v** du son dans le bois à partir de la mesure de la durée **Δt** de propagation du son entre les deux micros distants de **d**. On a alors :

$$v = d / \Delta t$$

3 - Préparation

- Placer la barre (4) de la maquette sur un plan de travail.
- Relier le jack stéréo à la carte-son stéréo du PC.
- Mesurer la distance **d = AB** séparant les 2 repères qui correspondent aux micros **A** et **B** : vérifier qu'elle est bien conforme à celle indiquée sur les 2 repères.

4 - Considération pratiques importantes

Le milieu matériel a été choisi pour sa facilité de mise en œuvre : il s'agit d'une barre en bois, milieu matériel anisotrope et inhomogène. Dans ces conditions, on ne peut pas avoir une vitesse de propagation de référence comme, à contrario, pour l'air ou l'eau mais seulement une fourchette indicative ($2\ 000\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ - $4\ 000\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) qui dépend de la nature de l'échantillon (essence, texture, humidité...).

Pour exploiter au mieux le dispositif, il faut tenir compte des particularités de la propagation du son dans la barre, propagation qui dépend de la nature du bruit et de son intensité.

Pour mener à bien l'expérimentation, on a choisi de produire un bruit de façon particulière afin qu'il soit reproductible, autant que possible. Il suffit d'écarter le heurtoir (7) jusqu'en butée sur son axe et de le lâcher. Sous l'effet des deux élastiques, il est propulsé comme il faut, sur l'extrémité de la barre.

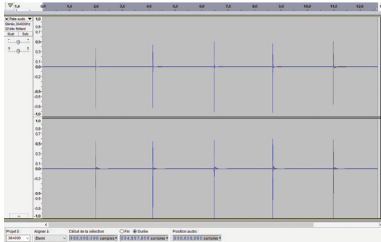
La nature des courbes obtenue sur chacune des voies (micro **A** et micro **B**) à l'aide du logiciel « Audacity » met en évidence la complexité de la propagation du son dans la barre, liée à la nature du matériau, comme indiquée précédemment.

À cet effet, on pourra écouter comment le bruit est perçu par chacun des micros **A** et **B**. Il suffit pour cela de séparer les pistes d'enregistrement en deux : « Scinder la piste stéréo » et d'écouter tour à tour le bruit reçu par chacun des micros (**A** Muet et **B** Solo, et inversement).

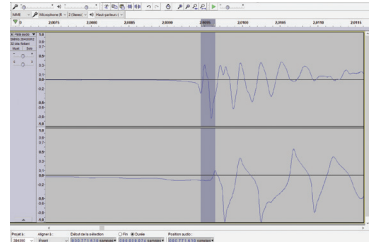
L'expérience exploite le décalage Δt dans le temps entre la réception du bruit par le micro **A** et le micro **B** en choisissant un aspect caractéristique des courbes : le seuil de déclenchement de chaque micro **dû au seul bruit**. On repère ainsi le premier seuil « significatif » reçu par le micro **A** et de même pour le micro **B**. Ces seuils sont caractérisés par une amplitude qui devient « **notable** », **relativement aux éventuels parasites**.

Cette recherche amène à effectuer des zooms successifs sur la partie significative des deux courbes : il convient de faire un choix judicieux du zoom car s'il est trop important, l'identification des seuils peut être, au contraire, plus délicate.

La mesure de Δt s'obtient en déterminant l'intervalle de temps qui sépare les deux seuils, voir illustration ci-après relative à l'échantillon de bois testé.



E1. Enregistrement de 5 bruits successifs



E2. Agrandissement du premier bruit et mise en évidence des 2 seuils (A et B)

La vitesse de propagation étant relativement importante, la mesure de la durée de propagation doit être effectuée avec le plus de précision possible. Aussi, il convient d'utiliser le logiciel « Audacity » au mieux de ses possibilités.

Pour cela, la durée sera déterminée en « samples » et convertie évidemment en secondes ; en se plaçant dans la configuration suivante, on obtient le maximum de précision :

- **Projet à 384 000** (« samples »). Ce qui signifie 384 000 points d'acquisition par seconde.
- **Durée** : en « samples ». Par exemple, une durée de 75 samples correspond à : $75 / 384\,000$ s.



La qualité des résultats est liée à une bonne identification des seuils de déclenchement sur la **voie A** et sur la **voie B**. Ce qui peut être plus ou moins évident selon la carte d'acquisition sonore du PC et/ou de la rapidité du microprocesseur.

Aussi, il est conseillé de faire des tests au préalable pour choisir les réglages les plus appropriés. On peut mettre grandement à profit les indications/illustrations données au § 6 qui correspondent à deux types de PC utilisés, ainsi que les ressources vidéo présentées sur le site Pierron.

5 - Mode opératoire et exploitation

- Ouvrir le logiciel « Audacity » : une bonne connaissance de l'utilisation de ce logiciel est nécessaire (voir au besoin l'*Annexe* page 10).
- Effectuer les réglages suivants :

- **Volume d'enregistrement :**

Faire au besoin quelques essais pour se placer dans des conditions satisfaisantes : l'intensité du signal sonore enregistré doit être suffisante de façon à avoir un seuil de déclenchement clairement identifiable sur chaque voie. L'apparition d'une saturation n'est pas gênante si elle ne se produit pas au tout début de l'enregistrement.

- **Projet à 384 000** (si possible)

- **Durée** : en « samples ».

- Déclencher l'acquisition.
- Écarter le heurtoir jusqu'à sa butée, en tenant par ailleurs la barre, et le lâcher (photo ci-contre).



Il est conseillé d'effectuer plusieurs acquisitions successives pour pouvoir faire une moyenne des résultats obtenus et écarter les éventuelles anomalies.

- Arrêter l'acquisition.
- Observer et exploiter l'enregistrement à l'aide du logiciel « Audacity » pour déterminer la durée Δt qui correspond à la propagation du bruit entre les deux micros (voir § 4).

Il s'agit :

- d'observer la non simultanéité des enregistrements obtenus sur les deux voies ;
- d'écouter le bruit perçu par chacun des micros ;
- de déterminer, avec le plus de précision possible, la durée Δt qui s'écoule pour que le bruit parcoure la distance d qui sépare les deux micros.

On en déduit alors la vitesse v du son dans les conditions de l'expérience, en appliquant la relation :

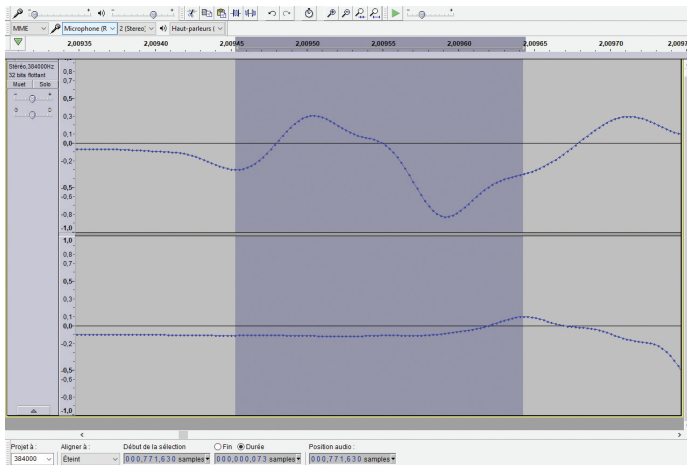
$$v = d / \Delta t$$



On précise à nouveau que la recherche des seuils de déclenchement de chacun des micros est l'étape essentielle qui détermine la qualité de la mesure (revoir, au besoin, illustrations § 4 et § 6 et vidéos sur le site Pierron).

6 - Illustrations pour l'échantillon de bois testé

6.1 Exploitation de l'enregistrement obtenu avec un premier PC



Conditions expérimentales :

- $d = 0,670$ m
- Température : $T = 22$ °C

Après plusieurs agrandissements successifs de **E2**, on obtient une durée de 73 samples (courbes ci-dessus). D'où une vitesse de :

$$v = d / \Delta t = 0,670 / (73 / 384\,000) = 3\,524 \text{ m.s}^{-1}$$

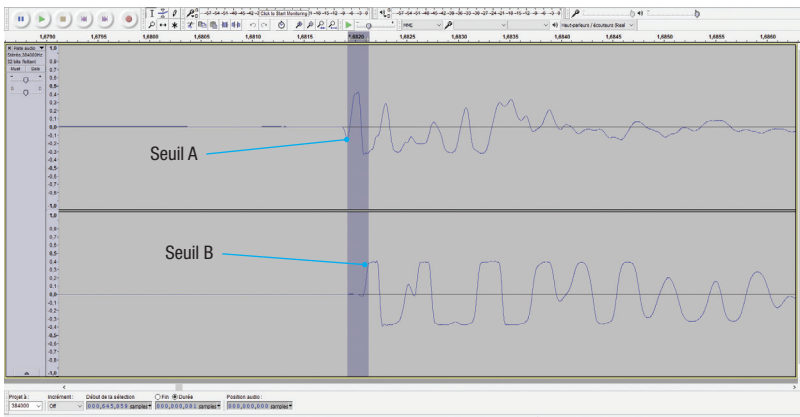
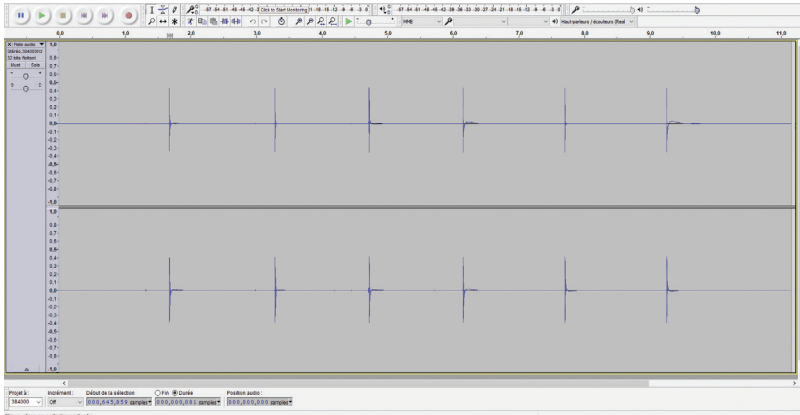
soit plus exactement $3,5 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$, compte tenu du nombre de chiffres significatifs (2 chiffres) de la mesure la moins précise.

L'exploitation des 4 autres bruits donne en valeurs « brutes » :

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ⇒ 3 477 m.s ⁻¹ | ⇒ 3 524 m.s ⁻¹ |
| ⇒ 3 524 m.s ⁻¹ | ⇒ 3 477 m.s ⁻¹ |

Soit une moyenne de $3,5 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$.

6.2 Exploitation de l'enregistrement obtenu avec un second PC

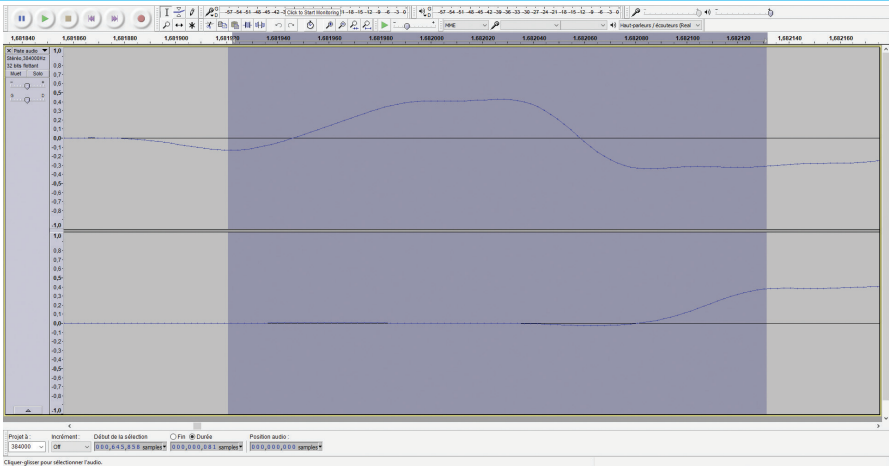


Agrandissement du premier bruit et mise en évidence des 2 seuils (A et B)

Conditions expérimentales :

- $d = 0,670 \text{ m}$
- Température : $T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

Après plusieurs agrandissements successifs de l'enregistrement ci-avant, on obtient une durée de 81 samples (courbes ci-dessus).



D'où une vitesse de :

$$v = d / \Delta t = 0,670 / (81 / 384\,000) = 3\,176 \text{ m.s}^{-1}$$

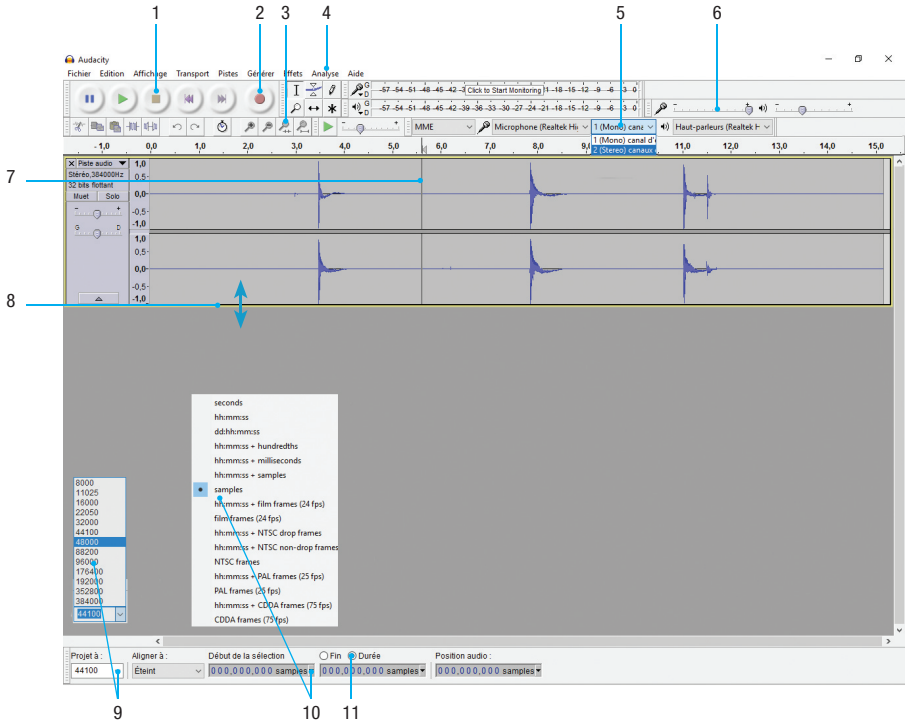
soit plus exactement $3,2 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$, compte tenu du nombre de chiffres significatifs (2 chiffres) de la mesure la moins précise.

L'exploitation de 4 autres bruits donne en valeurs « brutes » :

- ↔ $3\,256 \text{ m.s}^{-1}$
- ↔ $3\,524 \text{ m.s}^{-1}$
- ↔ $3\,176 \text{ m.s}^{-1}$
- ↔ $3\,477 \text{ m.s}^{-1}$

Soit une moyenne de $3,4 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$.

Éléments d'utilisation d'Audacity



- Pour effectuer un enregistrement sonore, il suffit de faire un clic gauche de la souris sur le symbole « rond rouge » (2). Pour arrêter, appuyer sur le symbole « carré vert » (1).
 - Avant de passer à l'enregistrement expérimental d'un bruit ou d'un son, faire un enregistrement d'essai afin d'observer si la carte son du PC permet d'enregistrer un signal sonore d'amplitude convenable. Dans la négative, régler correctement le niveau d'enregistrement.
- Pour cela, penser à utiliser le réglage du volume d'entrée, symbole micro (6) du logiciel « Audacity » et éventuellement, l'ampli micro accessible dans « Panneau de Configuration » de Windows .
- Selon la nature de l'enregistrement (mono ou stéréo), sélection l'option (5).

- Choisir la « résolution » de l'enregistrement **(9)** dans « **Projet à** » ; par défaut : 44 100 (« samples » ou points d'acquisition). Ce qui signifie qu'en une seconde, il y a eu 44 100 points d'acquisition effectués. Plus la résolution est grande, plus le nombre de points d'acquisition est important.
- Choisir l'unité de l'affichage du temps **(10)** pour le « **Début de la sélection** » ; cette unité sera aussi celle de la « **Fin** » de la sélection. Il peut être plus judicieux de sélectionner « **Durée** » **(11)** au lieu de « **Fin** » : on a ainsi directement la durée correspondant à la sélection, mais attention pour de faibles durées, la précision sera insuffisante. Il convient alors de la déterminer directement à partir de l'axe des temps de l'enregistrement.

Le choix de l'unité « **samples** » permet d'avoir la meilleure précision possible pour déterminer une durée : elle s'affiche directement dans la fenêtre « **Durée** » ; il suffit alors de faire la proportion, compte tenu du projet choisi. Par exemple : une durée de 185 samples pour un projet à 44 100 correspond à : $185 / 44\ 100$ s.

- Une fois l'acquisition effectuée, penser en particulier à agrandir verticalement la fenêtre d'enregistrements en plaçant la souris en **(8)** ; le curseur se transforme en double flèche. Effectuer un « clic gauche » de la souris puis, sans lâcher le clic, étirer-glisser jusqu'au bas de l'écran.
- Pour sélectionner une plage sonore afin de l'agrandir, placer le curseur de la souris en début de plage : le curseur devient un segment **(7)**, puis « clic gauche » de la souris et, sans relâcher, effectuer un déplacement horizontal jusqu'à la fin de la sélection choisie. Une bande grisée verticale apparaît alors. Appuyer enfin sur le symbole « loupe » **(3)** pour agrandir horizontalement cette sélection : dilatation de l'échelle du temps.
- Pour réaliser un spectre de fréquences, sélectionner la plage de l'enregistrement sonore à analyser puis choisir dans le menu « **Analyse** » **(4)** : Tracer le spectre . . .

1 - Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil. Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON - ASCO & CELDA. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

2 - Garantie

Les matériels livrés par PIERRON - ASCO & CELDA sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.

Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.

Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.

Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.

Vices apparents : nous ne pouvons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.

La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.