

EXERCICES

- Provoquer une excitation impulsionnelle d'ondes acoustiques longitudinales dans des baguettes et détecter les ondes avec deux sondes microphoniques
- Analyser avec un oscilloscope les impulsions acoustiques en fonction du matériau et de la longueur des baguettes
- Déterminer les vitesses du son longitudinales des matériaux à partir des durées des impulsions acoustiques
- Déterminer les modules d'élasticité des matériaux à partir des vitesses du son longitudinales et des densités



Vous trouverez les informations techniques sur les appareils sur «3bscientific.com»

2

OBJECTIF

Étude des ondes acoustiques longitudinales dans des baguettes rondes et détermination de la vitesse du son longitudinale

RESUME

Les ondes acoustiques peuvent se propager dans des corps solides sous la forme d'ondes longitudinales, transversales, de dilatation ou de flexion. Une onde longitudinale élastique est propagée dans une baguette par une séquence périodique de dilatation et de tension dans le sens longitudinal de la baguette. La vitesse de propagation dépend uniquement du module d'élasticité et de la densité du matériau, si le diamètre de la baguette est nettement inférieur à sa longueur. Dans l'expérience, elle est déterminée à partir des durées des impulsions acoustiques après une excitation impulsionnelle.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Jeu d'appareils « Propagation du son dans des barres » (230 V, 50/60 Hz)	1018469 ou
	Jeu d'appareils « Propagation du son dans des barres » (115 V, 50/60 Hz)	1018468
1	Oscilloscope USB 2x50 MHz	1017264
2	Câble BNC, 0,5 m	5007670

GENERALITES

Les ondes acoustiques ne se propagent pas seulement dans des gaz ou des liquides, mais aussi dans des solides. Dans les solides, les ondes peuvent apparaître sous la forme d'ondes longitudinales, transversales, de dilatation ou de flexion.

Une onde longitudinale élastique est propagée dans une baguette par une séquence périodique de dilatation et de tension dans le sens longitudinal de la baguette. La dilatation est provoquée par une déviation périodique des atomes de leurs positions de repos. Avec une baguette dont le diamètre est

nettement inférieur à sa longueur, la contraction transversale est négligeable, c'est-à-dire que pour l'indice de Poisson, on obtient dans une bonne approximation $\mu = 0$. Dans ce cas, les équations suivantes décrivent le rapport entre les modifications dans le temps et dans l'espace de la tension σ et la déviation ξ :

$$(1) \quad \frac{\partial \sigma}{\partial x} = \rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \text{et} \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{E} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial t} \quad \text{avec} \quad v = \frac{\partial \xi}{\partial t}$$

ρ : densité du matériau de la baguette,
 E : module d'élasticité du matériau de la baguette

Il en résulte les équations d'ondes

$$(2) \quad \frac{\partial^2 \sigma}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2} \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

avec la vitesse du son longitudinale

$$(3) \quad c_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Dans l'expérience, les ondes acoustiques longitudinales dans des baguettes de différents matériaux et longueurs sont générées par une excitation impulsionnelle à l'une des extrémités des baguettes, détectées par des sondes microphoniques à l'extrémité excitée et à l'extrémité opposée des baguettes, puis représentées sur un oscilloscope. Les extrémités des baguettes constituent des surfaces limite réverbérantes entre lesquelles les impulsions acoustiques vont et viennent. Les oscillogrammes permettent de déterminer la durée des impulsions acoustiques.

Avec ces baguettes longues, les impulsions acoustiques réfléchies plusieurs fois sont nettement distinctes dans le temps, tandis qu'avec des baguettes courtes, elles peuvent se superposer en « ondes stationnaires ».

EVALUATION

Les durées des impulsions acoustiques permettent de déterminer les vitesses de son longitudinales d'après

$$(4) \quad c_l = \frac{2 \cdot L}{T}, \quad L : \text{longueur de baguette}$$

car l'impulsion acoustique traverse la baguette deux fois pendant le temps T .

Les vitesses de son déterminées et les densités de matériaux déterminées par pesage permettent de calculer les modules d'élasticité d'après (3).

Tab. 1 : Vitesses de son longitudinales c_l , densités ρ et modules d'élasticité E mesurées pour différents matériaux.

Matériel	c_l (m / s)	ρ (g / cm ³)	E (m / s)
Verre	5370	2,53	73
Aluminium	5110	2,79	73
Bois (hêtre)	5040	0,74	19
Acier inox	4930	7,82	190
Cuivre	3610	8,84	115
Laiton	3550	8,42	106
Plexiglas	2170	1,23	6
PVC	1680	1,50	4

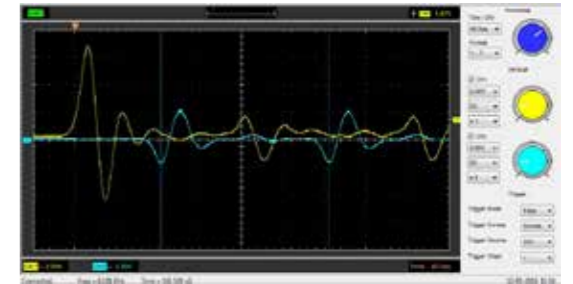


Fig. 1 : Propagation d'une impulsion acoustique, signal à l'extrémité de baguette excitée (jaune) (baguette en acier inox, 400 mm)

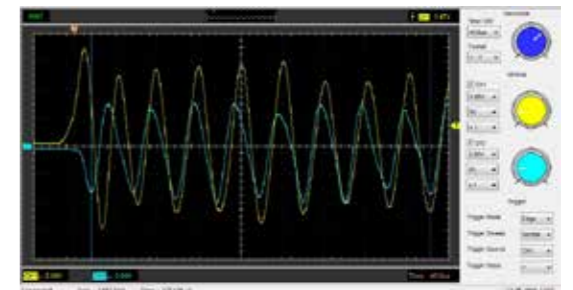


Fig. 2 : Onde stationnaire, signal à l'extrémité de baguette excitée (jaune) (baguette en acier inox, 100 mm)

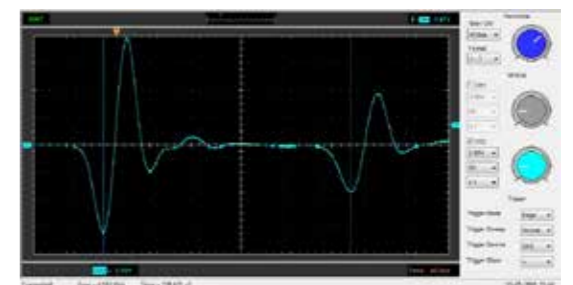


Fig. 3 : Propagation d'une impulsion acoustique (en haut : baguette en PVC, 200 mm, en bas : baguette en verre, 200 mm), signal à l'extrémité de baguette opposée à l'excitation (cyan)

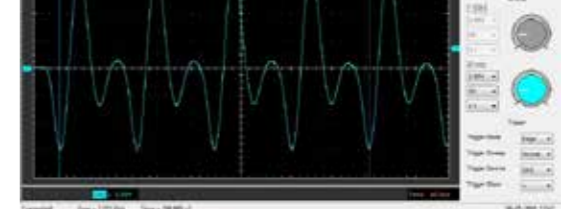


Fig. 4 : Double longueur de baguette $2 \cdot L$ en fonction des durées T pour les baguettes en acier inox

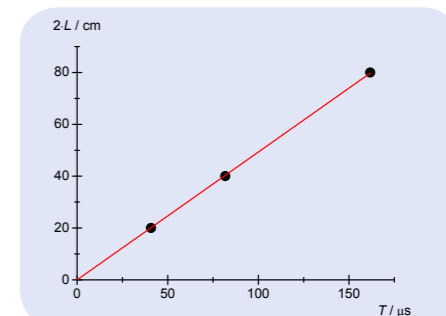


Fig. 4 : Double longueur de baguette $2 \cdot L$ en fonction des durées T pour les baguettes en acier inox