MECANIQUE

MILIEUX CONTINUS

DOCUMENT PEDAGOGIQUE

TP Caractérisation ultrasonore des constantes d'élasticité

PLATEFORME D'INGENIERIE EXPERIMENTALE
CAMPUS DE ST CYR L'ECOLE – BATIMENT 4

SCIENCES SORBONNE UNIVERSITÉ

La célérité du son est une caractéristique du milieu qu'il traverse. Dans les solides homogènes et isotropes, deux type d'ondes peuvent exister : une onde longitudinale de vitesse c_L et une onde de cisaillement de vitesse c_T. Ces vitesses dépendent de la masse volumique ρ et des constantes élastiques λ et μ et sont données par les expressions suivantes :

$$c_L = \sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\rho}} \qquad \text{et} \qquad c_T = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

1

L'objectif de ce travail consiste à mesurer ces deux vitesses afin de déterminer les coefficients de Lamé λ et μ de différents matériaux.

A. Etude des ondes longitudinales en immersion

Les ondes longitudinales sont étudiées par une expérience en immersion. Les ondes longitudinales se propageant également dans l'eau, ce genre d'expérience est simple à mettre en œuvre et s'avère également très efficace dans de nombreuses situations.

1. Dispositif expérimental

Un générateur d'impulsions de largeur et de récurrence réglables associé à un générateur d'ondes de formes variables assurent l'excitation d'un transducteur ultrasonore piézoélectrique fixe par une succession de train d'ondes sinusoïdales. Le transducteur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique donnant ainsi naissance aux ondes dans l'eau. Après propagation, les ondes sont captées par un transducteur récepteur mobile qui va convertir l'énergie mécanique portée par l'onde en énergie électrique. Les deux transducteurs sont identiques, de fréquence centrale $f = 1$ MHz. Le signal sortant du générateur de fonction et correspondant au signal d'émission est envoyé à un oscilloscope, de même que le signal de réception sortant du transducteur récepteur.

2. Mesure de la vitesse du son dans l'eau

Avant de mesurer les vitesses des ondes dans les échantillons, il est nécessaire de déterminer la vitesse du son dans l'eau. Pour cela, on affiche le signal de réception sur l'oscilloscope et on place le curseur 1 sur le début du signal. On déplace ensuite le transducteur récepteur d'une distance d et on place le curseur 2 sur le début du signal de réception qui s'est décalé dans le temps. L'oscilloscope affiche alors la différence de temps de propagation Δt. La vitesse du son dans l'eau est donnée par le rapport de d sur Δt. Plusieurs mesures pour différentes distances d doivent être effectuées afin d'en déduire une valeur moyenne de c_0.

3. Mesure de la vitesse des ondes longitudinales dans les matériaux

Une lame à face parallèle d'épaisseur e est maintenant immergée dans l'eau entre les deux transducteurs. Les faces parallèles sont positionnées perpendiculairement à la direction de propagation. Dans ce cas, l'onde incidente générée se propage dans l'eau en amont de la lame, au travers de la lame, puis dans l'eau en aval de la lame, avant d'être captée par le transducteur récepteur.

La détermination de la vitesse c_L dans la lame repose sur la mesure de la différence Δt de temps de propagation pour des mesures sans et avec la lame. Pour mesurer Δt, on affiche sur l'oscilloscope le signal capté par le transducteur récepteur lorsqu'il n'y a pas d'échantillon dans l'aquarium et on place le curseur 1 sur le début du signal. On place ensuite l'échantillon dans l'aquarium et on place le curseur 2 sur le début du signal de réception afin d'obtenir la

différence de temps Δt. La valeur mesurée est une valeur absolue. Il faut donc faire attention au signe de Δt car s'il est négatif, cela signifie que la vitesse c_L est supérieure à la vitesse c_0 et inversement. Au préalable de la mesure de Δt, il est nécessaire de déterminer l'expression théorique de la vitesse c_L de l'onde longitudinale se propageant dans le matériau en fonction de Δt, de l'épaisseur e de la lame et de la vitesse c_0 de l'onde longitudinale se propageant dans l'eau.

2

B. Etude des ondes transverses au contact

Les ondes transverses sont plus difficiles à étudier dans les expériences en immersion, car ce type d'onde ne se propage pas dans les fluides. Ainsi, ces ondes sont maintenant étudiées par un système dit "au contact" permettant la mesure de la vitesse c_T .

Le dispositif électronique utilisé pour l'expérience en immersion est réutilisé ici. Toutefois, le signal électrique sortant du générateur est maintenant envoyé à un transducteur émetteur de fréquence centrale 2,25 MHz collé sur une des faces de l'échantillon. Sur l'autre face, un second transducteur est collé afin de capter les ondes qui se sont propagées dans le matériau. Les deux transducteurs doivent être collés à l'échantillon grâce à un gel de couplage permettant une meilleure transmission des efforts de cisaillement du transducteur émetteur à l'échantillon, puis de l'échantillon au transducteur récepteur. **ATTENTION : le dispositif ne doit surtout pas être immergé dans l'eau.**

Le transducteur génère dans le matériau une onde de cisaillement qui se propage dans l'échantillon. Lorsque cette onde arrive sur la face opposée, une partie de son énergie est captée par le transducteur récepteur et le reste est réfléchi donnant ainsi naissance à une onde se propageant en sens inverse (onde réfléchie). En mesurant les temps de propagation et connaissant l'épaisseur de chaque échantillon, il est alors simple de déterminer la vitesse c_T des ondes transverses dans chaque échantillon.

C. Détermination des paramètres élastiques

Il est maintenant nécessaire de déterminer la masse volumique de chaque échantillon. Pour cela, utiliser la balance électronique à disposition sur la plate-forme. En déduire les valeurs des coefficients de Lamé λ et μ et effectuer des calculs d'incertitudes et d'erreur sur ces deux coefficients.

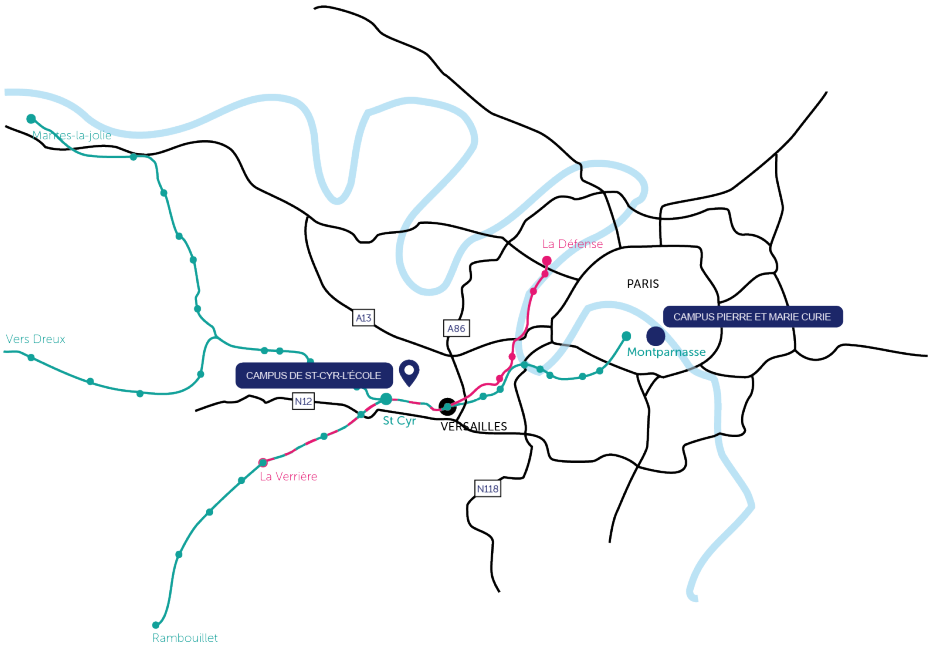
SORBONNE UNIVERSITE
Faculté des Sciences et Ingénierie
Plateforme d'Ingénierie Expérimentale
Campus de Saint-Cyr-l'Ecole
2 Place de la Gare de Ceinture
78210 SAINT CYR L'ECOLE

Campus de St Cyr - Sorbonne Université

REJOINDRE LA PLATEFORME

Accès en **train**, arrêt Saint Cyr :
Depuis Montparnasse, ligne N
Depuis La Défense, ligne U
Depuis Saint Michel ND, RER C
Prévoir ensuite 10 mn de **marche**

Accès en **voiture :**
Coordonnées GPS
N 48.80217°
E 2.07639



Accueil campus
01.44.27.95.64
Informations et réservations TP
01.44.27.95.22

→ www.sorbonne-plateforme-ingenierie-experimentale.fr

SCIENCES SORBONNE UNIVERSITÉ