

Mesures Ultrasonores

L'objectif de cette séance de travaux pratiques est de vous familiariser avec les mesures ultrasonores et leur utilisation pour déterminer certaines propriétés mécaniques et caractéristiques des matériaux.

A cette fin, vous disposez d'un système ultrasons (monovoie), possédant une émission impulsionnelle et une réception adaptée, amplifiée et délivrant en sortie un signal analogique. Il fonctionne en mode « écho » ou en mode émission et réception. L'exploitation du signal est obtenue en connectant la sortie analogique sur un oscilloscope. Le système possède une horloge interne effectuant automatiquement un déclenchement du tir « ultrasons » avec une cadence modulable. Vous disposez également de capteurs piézoélectriques, de leurs câbles connecteurs et de couplant.

Attention ce matériel est très fragile : ne pas donner de chocs aux capteurs et ne pas plier les câbles de connexion.

1. Capteurs piézoélectriques et propagation des ondes

1. Décrivez le fonctionnement du capteur piézoélectrique.
2. Décrivez les caractéristiques des capteurs piézoélectriques mis à votre disposition.
3. Parmi ces capteurs, certains propagent des ondes L et des ondes T. Décrivez les caractéristiques de propagation de ces ondes.
4. Comment pouvez-vous distinguer un capteur d'ondes L et d'ondes T ? Faites le test et décrivez le signal obtenu et ses variations. Le groupe A fera les capteurs d'ondes L et le groupe B les capteurs d'onde T.
5. Définissez le type d'ondes qui traversent les milieux gazeux, fluide, solide isotrope et solide anisotrope. Justifiez votre réponse.
6. Quel est le rôle du « couplant » dans les mesures de propagation d'ultrasons ?
7. Quel impact a le type de capteur choisi sur le signal de sortie ? Commentez.
8. Proposez une méthode pour mesurer la vitesse de propagation d'une onde au travers d'un matériau solide sans utilisation de couplant ? Justifiez votre réponse sur base de l'impédance acoustique.
9. Mesurer la vitesse de propagation d'une onde traversant une plaque PVC avec les capteurs piézoélectriques panametrics 0.5/1 V101.
Pourquoi l'amplitude de votre onde diminue au cours du temps ? Quelles caractéristiques propres au matériau pouvez-vous déduire de cette atténuation ?

2. Mesure des propriétés élastiques par contact direct

Dans cette seconde partie, vous allez déterminer certaines propriétés élastiques de deux matériaux : métal et bois. A cette fin, vous disposez d'une balance et d'un pied à coulisse.

1. Quel(s) type(s) de capteurs et de mode de transfert vous semblent le(s) plus adéquat(s) pour déterminer les propriétés élastiques (E et ν) ? Justifiez votre réponse sur base du point précédent *capteurs piézoélectriques et propagation des ondes*.
2. A l'aide de ce(s) capteur(s) déterminez les vitesses de propagation des ondes L et T traversant des matériaux. Discutez vos résultats.
3. Déterminez la relation entre les vitesses longitudinale et transversale, et les paramètres matériaux (E et ν) sur base des relations présentées pendant le cours :

$$C_L = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$$

$$C_T = \sqrt{\mu/\rho}$$

4. Déterminez le paramètre E des différents matériaux en prenant des valeurs classiques pour ν .
5. Déterminez le coefficient de poisson pour la pièce métallique. Commentez la pertinence de la détermination du coefficient de Poisson par cette méthode.

3. Détection de défaut

La technique des ultrasons permet également de déterminer les défauts internes à une pièce manufacturée. Pour illustrer cette technique, une pièce métallique sera employée dans un premier temps.

1. Réalisez une mesure avec les capteurs piézoélectriques sur la pièce. Quelle est la particularité du signal ?
2. Déterminez les coefficients de réflexion et de transmission énergétique à l'interface des deux zones. Ce résultat est-il en adéquation avec l'observation faite au point précédent.

$$R = \left(\frac{z_1 - z_2}{z_1 + z_2} \right)^2 \quad \& \quad T = \frac{4 z_1 z_2}{(z_1 + z_2)^2}$$

3. A partir de ces résultats, expliquez comment cette technique non-destructive peut être utilisée pour détecter des défauts sur des éléments de structures du Génie Civil, telles que les ponts, les barrages..., liés à des dégradations se manifestant au cours de la vie de l'ouvrage.

4. Matériaux cimentaires

Dans cette quatrième partie, vous allez discuter de différents matériaux cimentaires : pâte de ciment/béton classique, pâte de ciment/béton léger, béton fibré et polymère.

1. Quel est l'influence de la porosité des matériaux cimentaires sur la propagation des ondes ultrasonores ? Sur base de votre réponse, déterminez quelles sont les éprouvettes des matériaux classiques, matériaux légers, béton fibré et polymère.
2. Quelle(s) modification(s) apporte la saturation complète du matériau cimentaire ?
3. Les valeurs de « E » mesurées pour ces matériaux sont les suivantes :

Matériau	Béton classique	Mortier	Ductal	Béton léger	Béton fibré	Béton polymère
E (GPa)	19	60	45	9	41	19

Plusieurs auteurs (*Martinez et al, 1992 et de Neville, 2000*) ont proposé des relations pour déterminer le module statique à partir du module dynamique (voir ci-dessous).

$$E_c = 1.25 E_d - 19000$$

$$E_c = 2590 \frac{\left(\frac{E_d}{703} \right)^{1.4}}{w}$$

Avec E_d : Module d'élasticité dynamique (MPa), E_c : Module d'élasticité statique (MPa), w : Poids spécifique (kN/m³).

Utilisez ces relations pour les matériaux cimentaires étudiés.

- Le groupe A fera les calculs à l'aide d'un tableur pour le béton classique, le Ductal, et le béton léger.
- Le groupe B fera les calculs à l'aide d'un tableur pour le mortier, le béton fibré et le polymère.

Commentez vos résultats en les mettant en commun.

Fin de la séance de travaux pratiques

1. **Nettoyer** les capteurs et les éprouvettes (au sec).
2. **Ranger** le matériel.

Cette séance de travaux pratiques donnera lieu à un rapport à remettre **en fin de séance sur e-campus**.