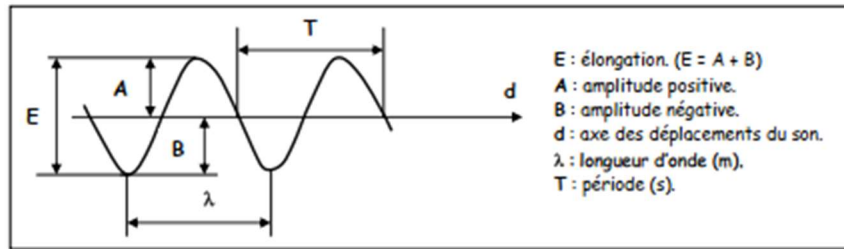


## Chapitre 3 : Contrôle non destructif par les ultrasons

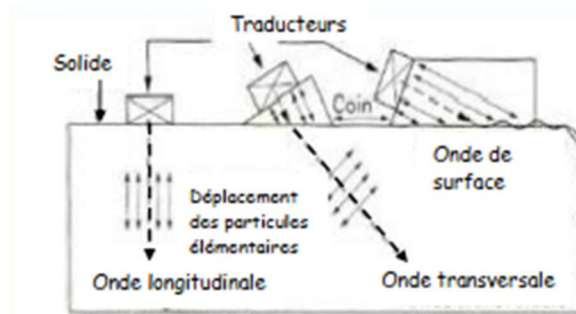
Les ondes sonores sont des ondes élastiques dont la fréquence est beaucoup supérieure au domaine audible (16 Hz à 16 KHz) sont appelées des ondes ultrasons. Elles se propagent à l'intérieur des matériaux avec des vitesses qui dépendent du milieu et du de l'onde. La plage que le CND utilise est compris entre  $10^5$  Hz et  $20^6$  Hz.

0 à 16 Hz	16 Hz à $16 \cdot 10^3$ Hz	$16 \cdot 10^3$ Hz à $150 \cdot 10^6$ Hz	$> 150 \cdot 10^6$ Hz
Infrasons	Zone audible	Ultrasons	Hyper sons



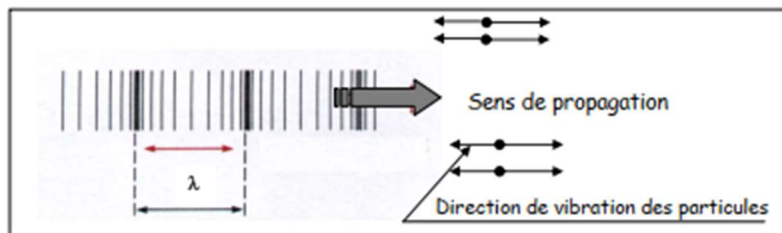
Représentation des vibrations du son (sinusoïde).

On distingue trois types d'onde :



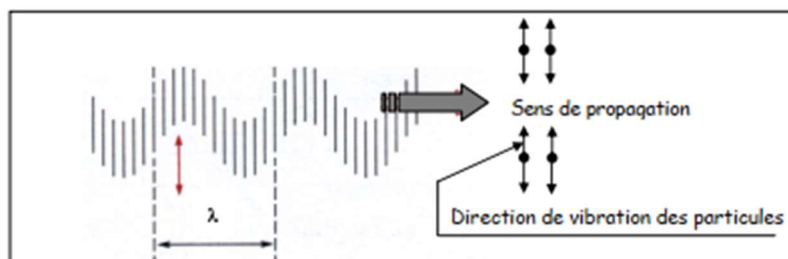
### 1. Ondes longitudinales ou de compression

Vibrations parallèles à la direction de la propagation de l'onde.



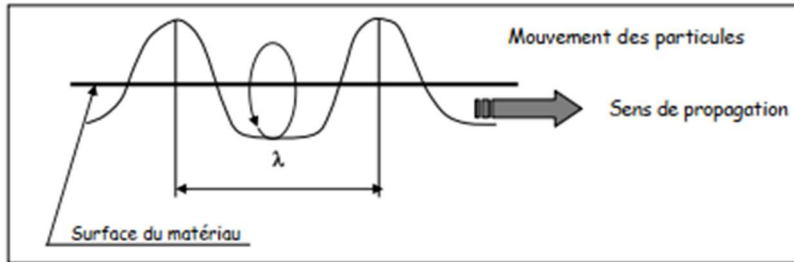
### 2. Ondes transversales ou de cisaillement

Vibrations perpendiculaires à la direction de propagation de l'onde. N'existent que dans les solides.



### 3. Ondes de surface

Obtenues par superposition des deux ondes longitudinale et transversale parallèle à la surface du solide.



#### Vitesse de la propagation :

Ce type de contrôle nécessite une bonne connaissance des phénomènes liés la propagation des ultrasons :

- Propagation des ondes vibratoires dans le matériau : réflexion, réfraction et transmission ;
- Analyse de l'influence des défauts ;
- Type d'hétérogénéités de la structure ;
- Atténuation des ondes (phénomènes d'absorption et de diffusion) ;
- Vitesses de propagation.

Vitesse de propagation de l'onde :

✓ **Onde longitudinale :**

$$V_L = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

- E : Module d'Young du matériau N/m<sup>2</sup> ;
- ρ : masse spécifique du matériau (Kg/m<sup>3</sup>) ;
- ν : coefficient de Poisson.

✓ **Onde transversale :**

$$V_T = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$$

✓ **Onde de surface :**

$$V_S = 0,9 V_T$$

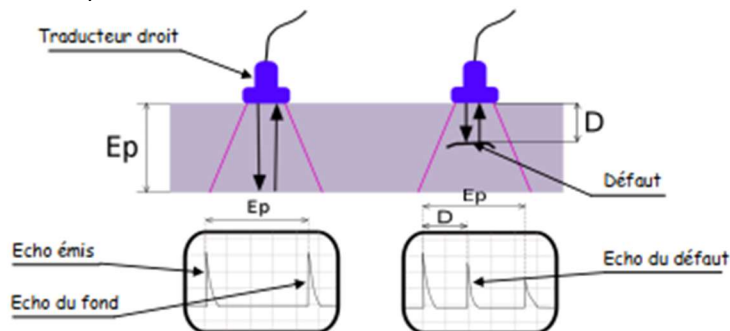
Le tableau suivant donne une idée sur la vitesse de propagation de l'onde selon le matériau :

Vitesses et impédances acoustiques				
Matériau	Masse volumique (10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup> )	Vitesse des ondes longitudinales (m/s)	Vitesse des ondes transversales (m/s)	Impédance acoustique (10 <sup>8</sup> Kg/m <sup>2</sup> s)
Aciers	7.8	5 900	3 250	46
Fontes	7.2	4 600	2 150	33
Aluminium	2.7	6 300	3 100	17
Cuivre	8.9	4 700	2 250	42
Laiton	8.5	4 500	2 100	38
Béton	2.5	4 500		11
Muscle	1.0	1 600		1.6
Araldite	1.2	2 500	1 050	3
Plexiglas	1.2	2 700	1 100	3.2
Verre	2.6	5 650	3 400	14
Huile	0.8	1 500		1.2
Glycérine	1.3	1 900		2.5
Eau	1.0	1 480		1.5
Mercur	13.6	1 450		20
Quartz	2.7	5 750		15
Titane de baryum	5.7	4 400		35
Air	1.3 10 <sup>-3</sup>	330		4 10 <sup>-4</sup>

#### Principe du contrôle par ultrasons :

Une partie du faisceau acoustique de la vibration mécanique est interceptée par le défaut et renvoyée vers le traducteur (piézo-électrique) qui le convertit en signal électrique. La vibration mécanique se

propage dans la section de la pièce se réfléchit d'une partie pour nous révéler l'information sur le fond et sur le défaut (écho du défaut).



Les fréquences utilisées pour contrôler les métaux sont de l'ordre de 1 à 10 MHz.

Matériel et procédure de mise en œuvre :

- Postes US analogiques ou numériques ;
- Transducteurs OL, OT et à angles variables ;
- Mesureurs d'épaisseurs ;
- Logiciels de saisie, de suivi et d'analyse des mesures d'épaisseurs.



Appareil de contrôle par US

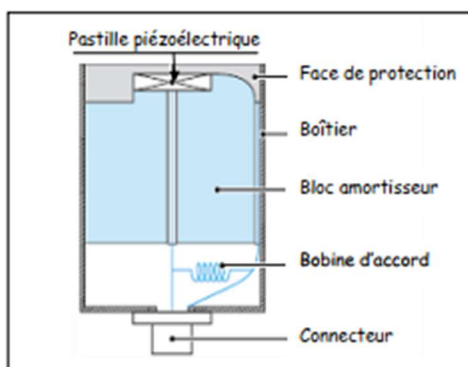


Transducteurs



Mesureur d'épaisseur

Le transducteur est principalement doté d'un palpeur qui est constitué deux faces métallisées de façon à réaliser deux électrodes auxquelles sont soudés les fils de connexion. Le tout est logés dans une pastille piézo-électrique circulaire ou rectangulaire. Pour limiter les vibrations vers l'arrière du palpeur et leur durée, la pastille piézoélectrique est placée sur un bloc amortisseur dense et très absorbant. L'ensemble de ces éléments liés à une bobine d'accord sont placés dans un boîtier métallique complété par un connecteur électrique et une face de protection de la pastille piézoélectrique réalisée dans des matériaux très variés (résine, carbures non métalliques, etc..) choisie en sorte qu'elle n'aura pas une influence sur l'énergie transmise.



Structure d'un palpeur ultrasonore

## Domaine d'applications :

### 1. Détermination des défauts internes :

- Défauts de soudage : porosité, manque de fusion, défaut de pénétration, inclusions de laitier, fissures sur les bords, fissures en racines ;
- Contrôle des pièces moulées ;
- Mesures d'épaisseurs ;
- Recherche des fissures sur les installations en service.

### 2. Contrôle de serrage :

- Mesure de l'allongement des vis et des goujons sous l'effet de la tension de serrage (mesure avant L1 et après serrage L2).
- L'onde ultrasonore réfléchi est influencée par l'allongement de la vis et de la diminution de la vitesse de propagation à cause de la tension du serrage et les deux sont liées à la tension :

$$T \text{ (daN)} = K \times \text{Allongement ultrasonores (ns)}$$

### Avantages :

- Contrôle des défauts localisés dans le volume de la pièce (pleine) et avec une grande sensibilité dans la recherche des défauts plans ;
- Contrôle des défauts sur les métaux, plastiques, et matériaux divers ;
- Contrôles des épaisseurs ;
- Utile dans l'atelier ou dans le chantier et se prête bien à l'automatisation.

### Inconvénients :

- La sensibilité de la méthode est liée fortement à la direction de la surface du défaut par rapport à la direction principale du faisceau acoustique transmis ;
- Nécessite d'interposer un milieu de couplage intermédiaire "un couplant" entre le traducteur et la pièce pour assurer la continuité de la propagation ;
- Une bonne expérience du personnel pour une bonne interprétation de la nature du défaut ;
- Certains matériaux et certaines géométries de la pièce présentent une difficulté de mise en œuvre et d'interprétation.