



# Tema 3

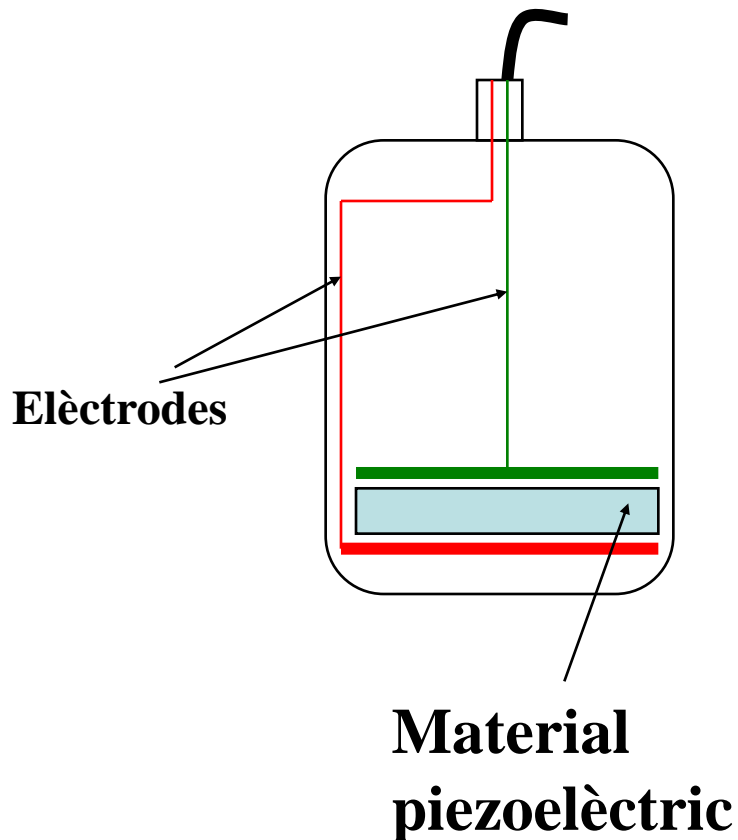
# Ultrasons

---

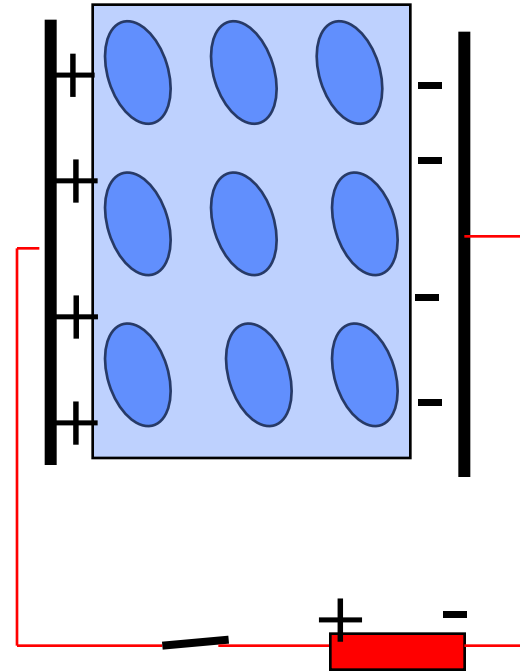
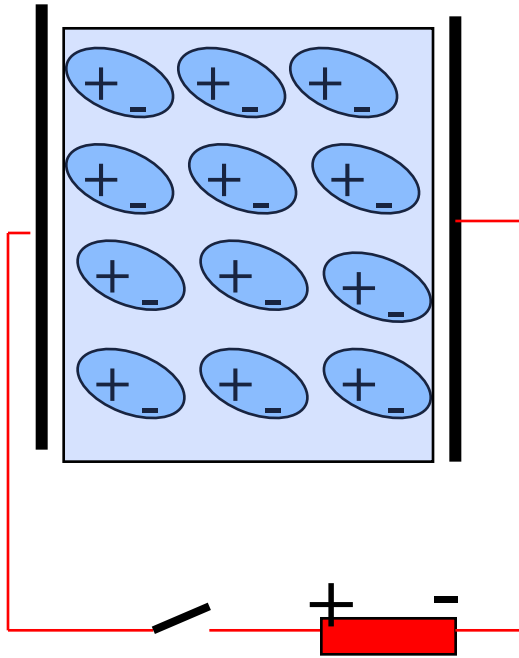
- **Ultrasò**

- Ona longitudinal de freqüència superior a 20.000 Hz
- En Medicina s'utilitza el rang de freqüències d'1 a 15 MHz ( $\lambda$  de 1,5 mm a 0,1 mm)
- Finalitat: diagnòstic, teràpia i cirurgia

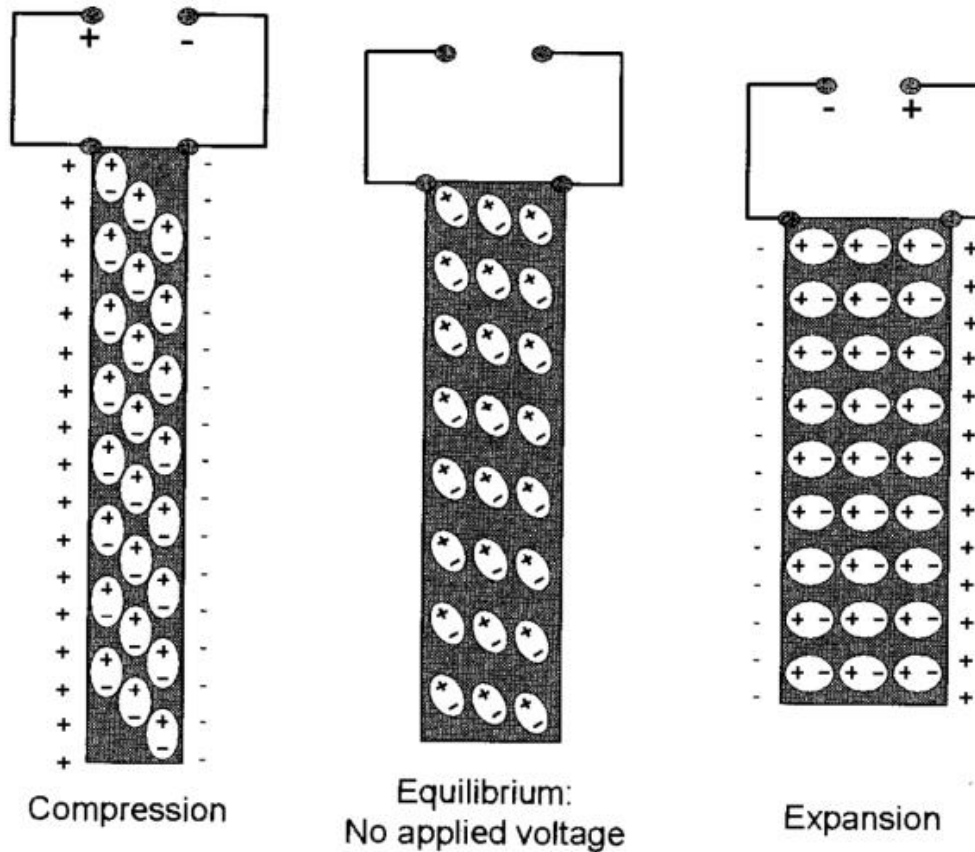
- Les ones ultrasòniques s'obtenen i es detecten mitjançant els transductors o “sondes”



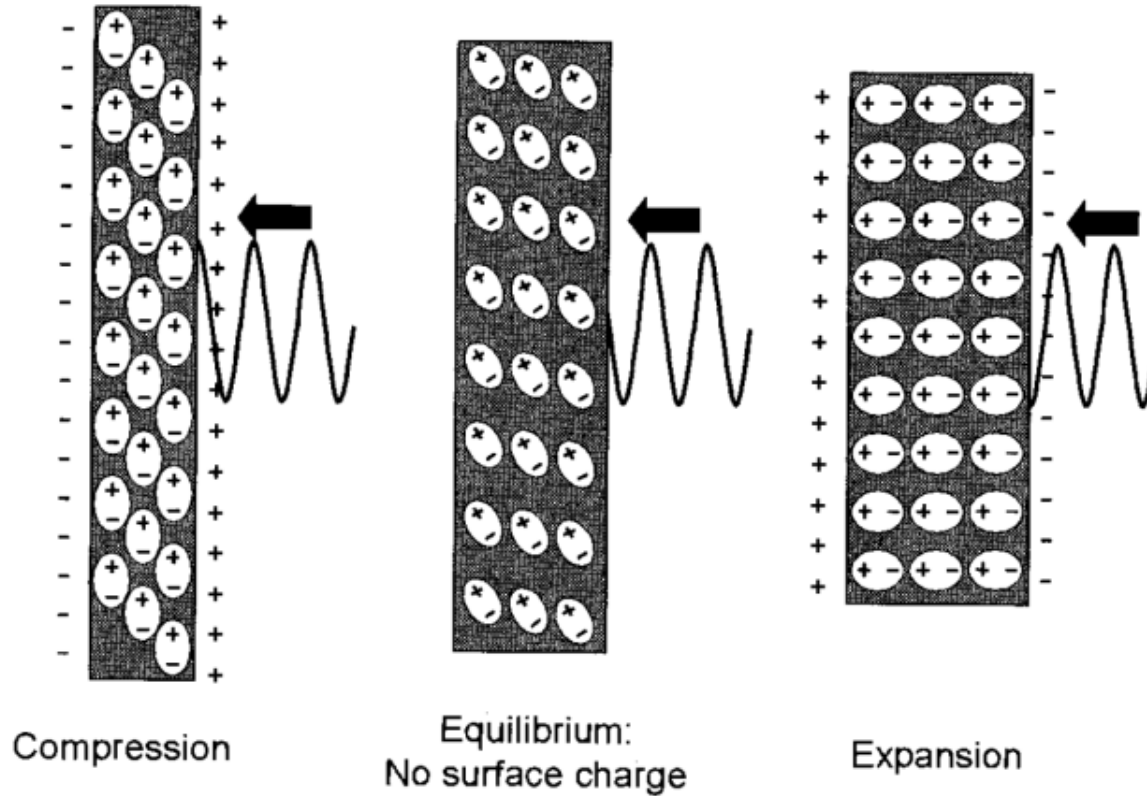
- Material piezoelèctric



- Material piezoelèctric (Efecte piezoelèctric invers)

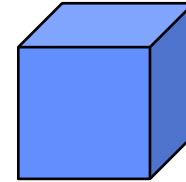


- Material piezoelèctric (Efecte piezoelèctric)



- Material piezoelèctric

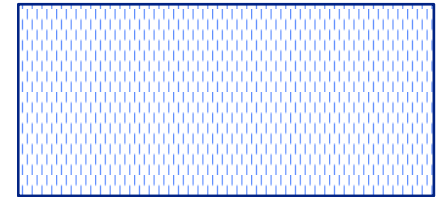
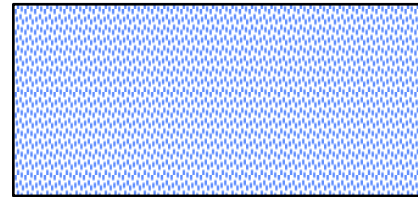
## CRISTALES DE CUARZO



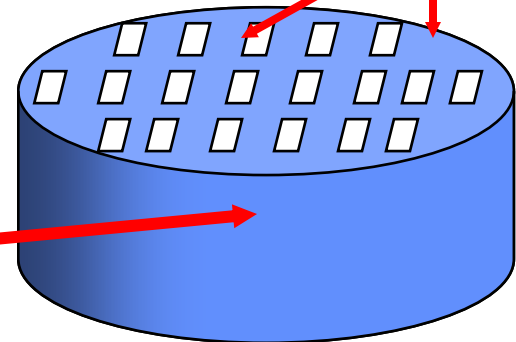
No polarizada

polarizada

## CERÁMICAS POLARIZADAS (PZT)



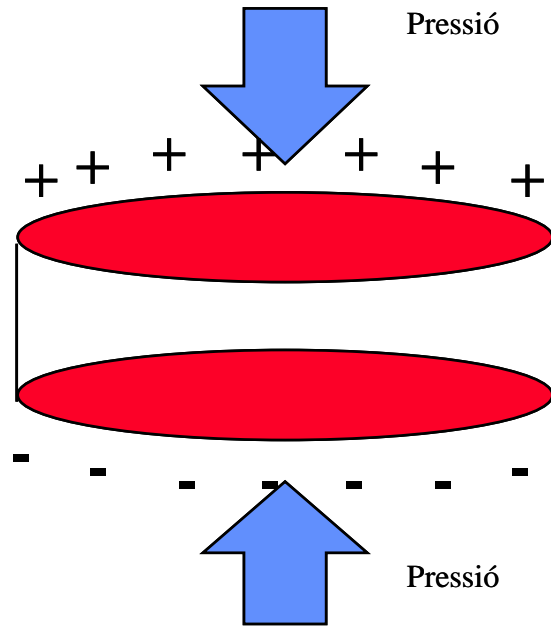
varillas  
piezoeléctricas



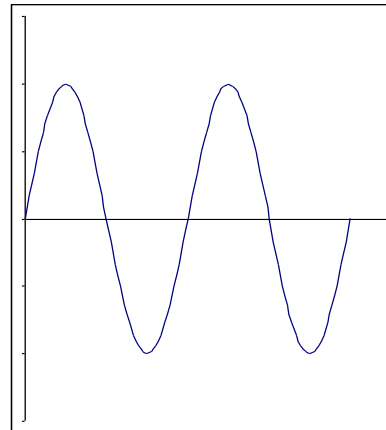
matriz  
de resina

## CERÁMICA-EXPOSY

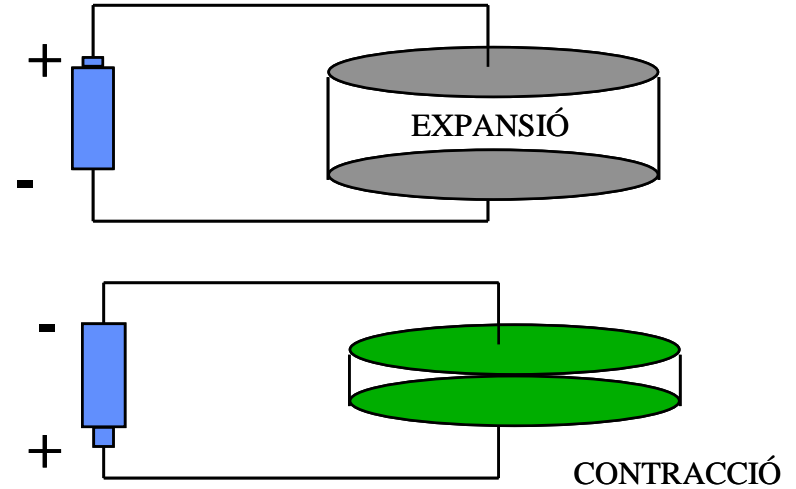
## Efecte piezoelèctric



$$\Delta P = P_0 \sin \omega t$$



## Efecte piezoelèctric invers



$$V = V_0 \sin \omega t$$

Condicció de ressonància

$$\lambda = 2e$$

$e$ , gruix del material piezoelèctric

- Sondes



**1. Lineal**



**2. Sectorial**



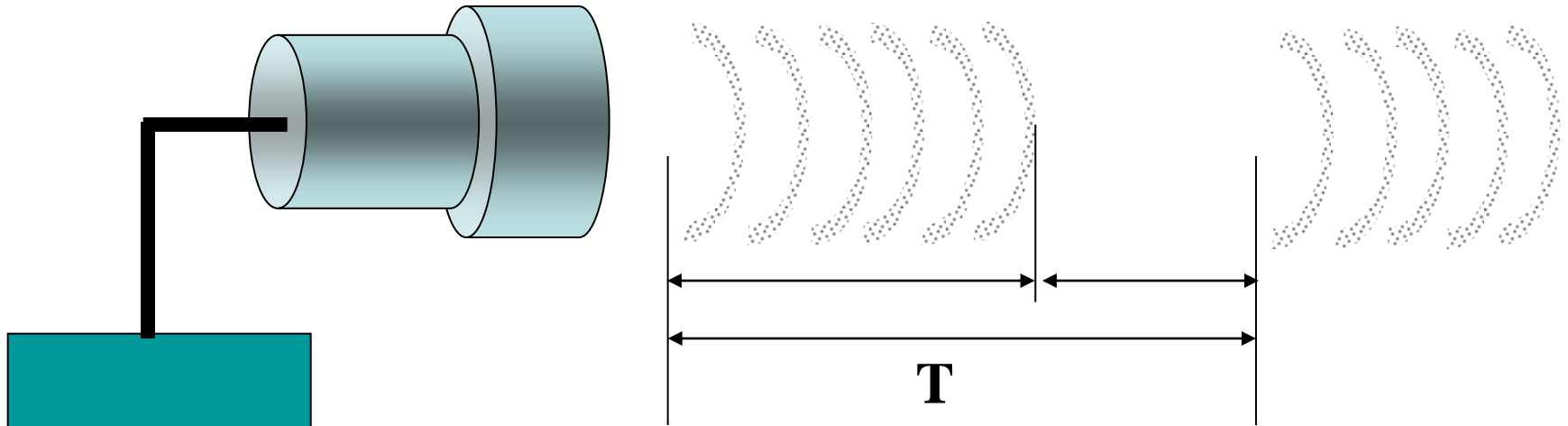
**3. Convexa**



**4. Intracavitària**

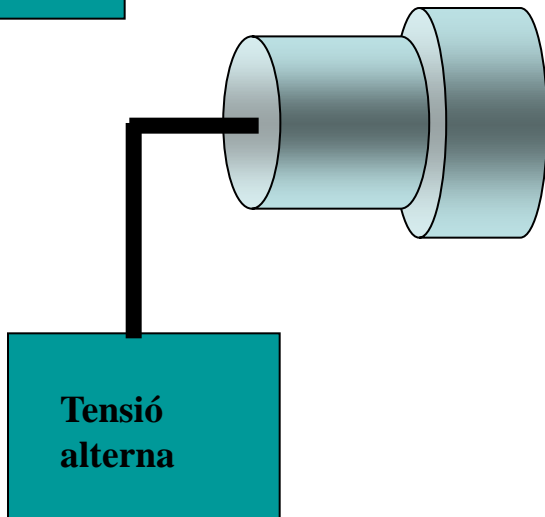
Formes de funcionament

**Emissió polsada**



**Pulsos elèctrics**

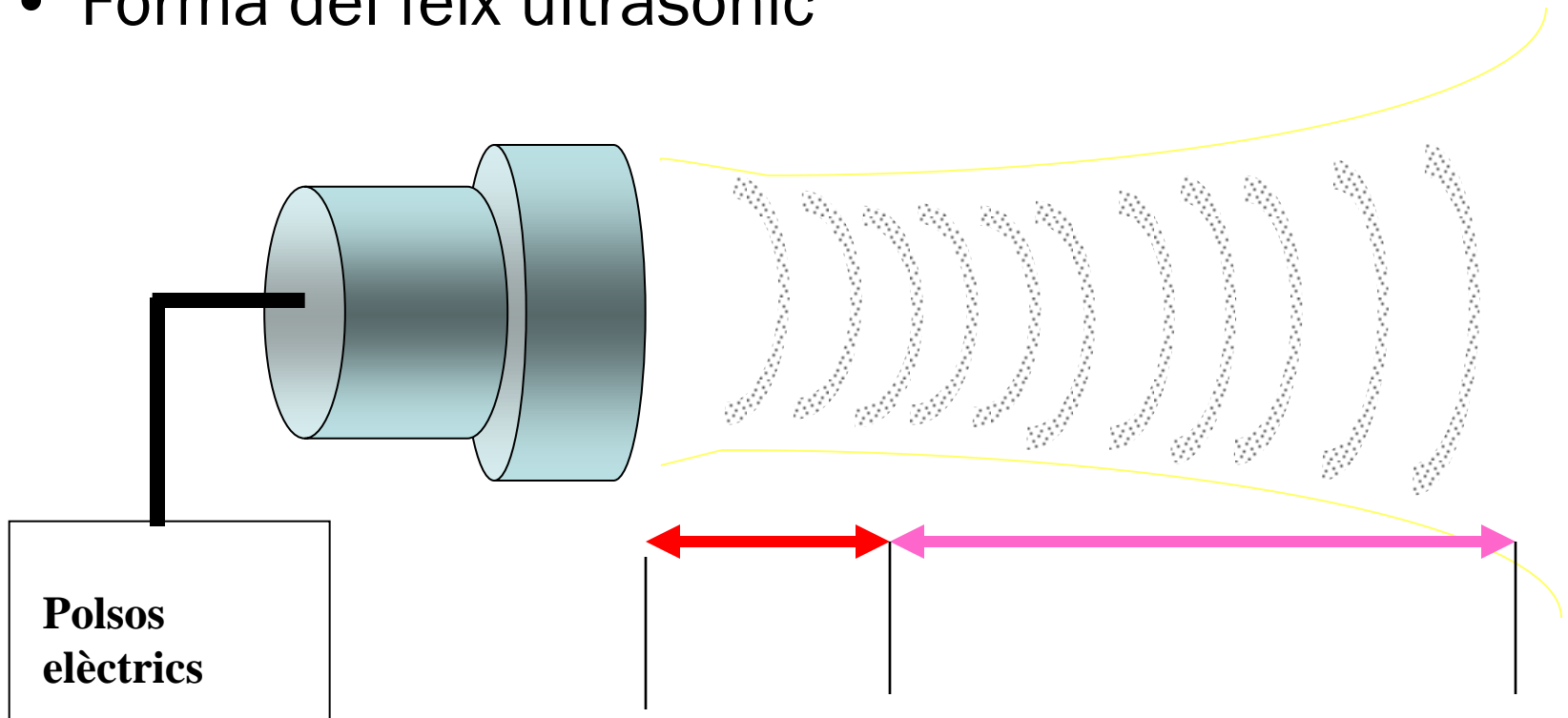
**T**



**Tensió  
alterna**

**Emissió contínua**

- Forma del feix ultrasònic



**Energia elèctrica**

**Energia acústica**

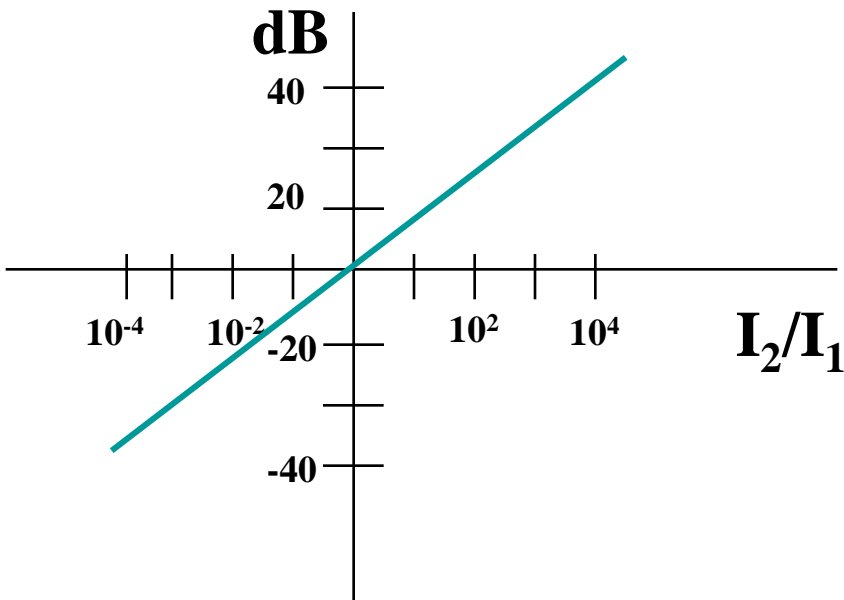
- Intensitat: energia per unitat de superfície i unitat de temps ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

NIVELL  
D'INTENSITAT

$$\beta = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

$$I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

decibel, dB



**Susurro** 20 dB

**Conversación** 65 dB

**Tráfico** 80 dB

**Discoteca** 100 dB

**Nivel dolor** 120 dB

**Rotura tímpano** 160 dB

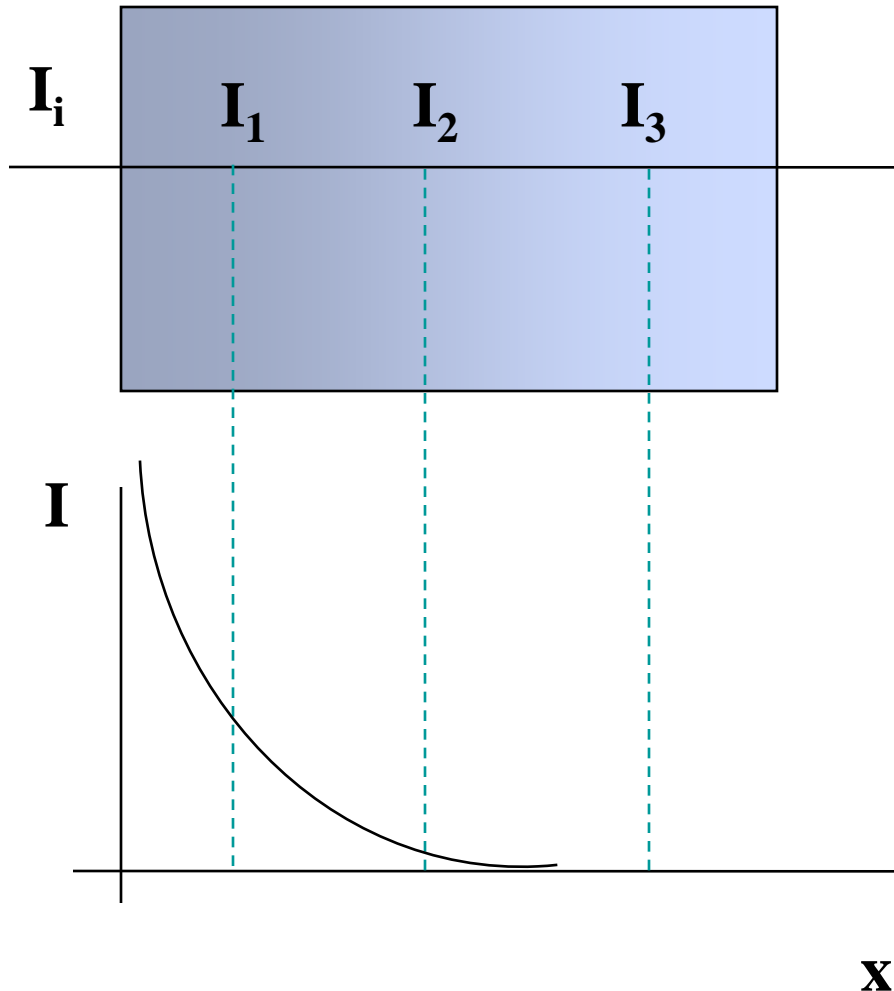
**Si la diferència en el nivell d'intensitat de dues ones ultrasòniques és de 20 dB, quina és la relació entre les eves intensitat?**

$$\beta_1 = 10 \log \left( \frac{I_1}{I_0} \right) \quad \beta_2 = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_0} \right)$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 20 = 10 \log \left( \frac{\frac{I_2}{I_0}}{\frac{I_1}{I_0}} \right) = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

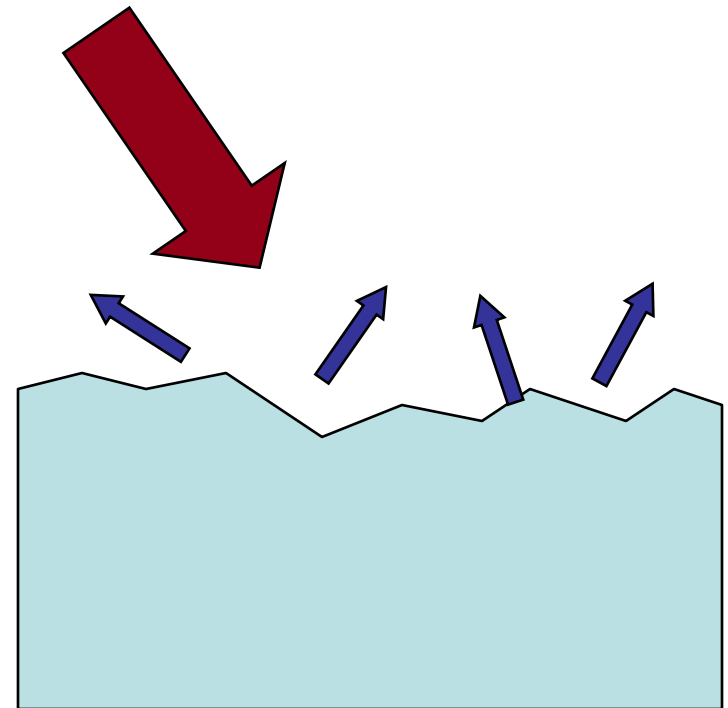
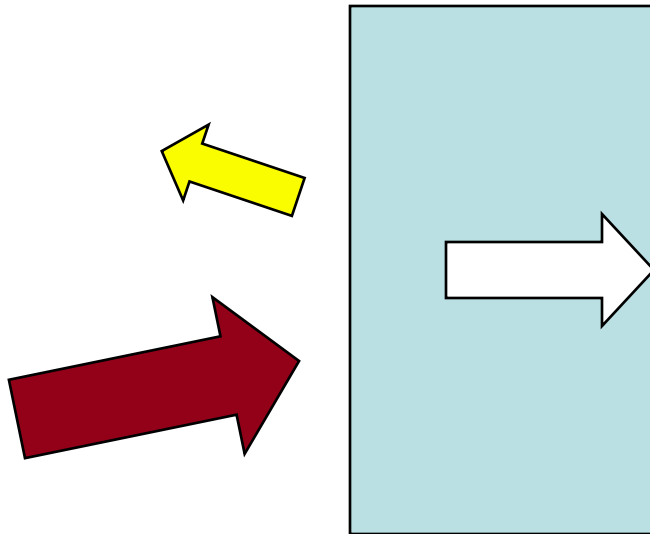
$$\log \frac{I_2}{I_1} = 2 \quad \rightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = 100$$

- Atenuació de l'ona ultrasònica

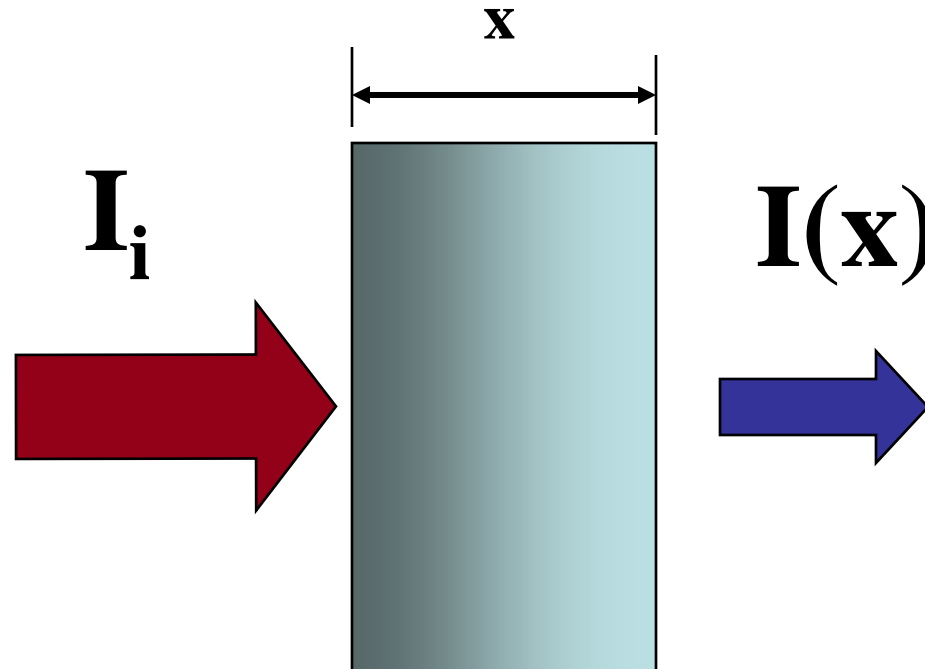


**És la pèrdua  
d'intensitat (o d'  
amplitud) de l'ona  
ultrasònica degut a  
la interacció amb  
el medi material  
que travessa**

- Causes de l'atenuació de l'ona ultrasònica:  
**Reflexió i difusió en les superfícies**



- Causes de l'atenuació de l'ona ultrasònica:  
**Absorció en la matèria**



$$I(x) = I_i \cdot e^{-kx}$$

- Causes de l'atenuació de l'ona ultrasònica:  
**Absorció en la matèria**

$$\log I = \log I_i - kx \log e$$

$$I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

$$\log I + \log I_0 - \log I_0 = \log I_i - kx \log e$$

$$10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I_i}{I_0} - 10kx \log e$$

$$\beta = \beta_i - 10kx \log e$$

$$\beta = \beta_i - k'x$$

$$\Delta\beta = \beta_i - \beta = k'x$$

**El coeficient d'atenuació  
es mesura en dB/m**

$$k' = 10k \log e$$

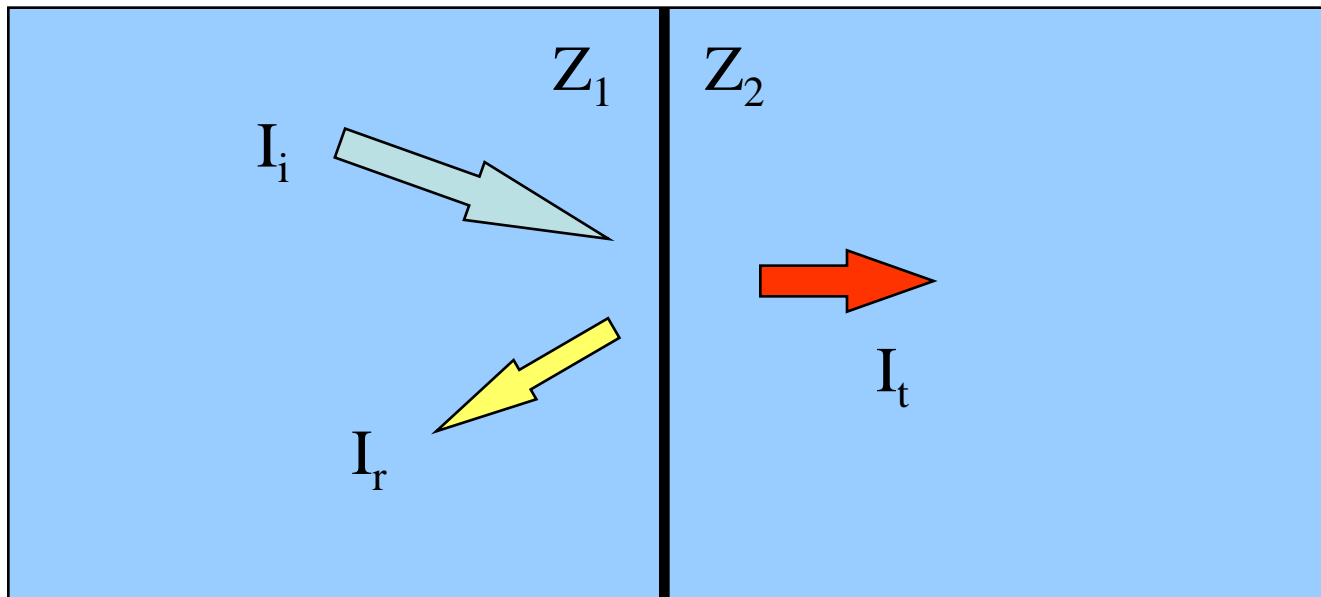
- Causes de l'atenuació de l'ona ultrasònica:  
**Absorció en la matèria**

**COEFICIENT D'ATENUACIÓ DE DIVERSOS  
TEIXITS EN dB/cm (a 1 MHz)**

<b>Aigua</b>	<b>0,0002</b>
<b>Sang</b>	<b>0,18</b>
<b>Fetge</b>	<b>0,5</b>
<b>Múscul</b>	<b>1,2</b>

- Causes de l'atenuació de l'ona ultrasònica:  
**Reflexió i transmissió**

$Z = \rho \cdot v$  , impedància acústica del medi material



$$\frac{I_t}{I_i} = \frac{Z_2 A_t^2}{Z_1 A_i^2} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

<b>Material</b>	<b>Velocidad del sonido (m/s)</b>
<b>Aire</b>	<b>330</b>
<b>Agua</b>	<b>1480</b>
<b>Plomo</b>	<b>2400</b>
<b>Aluminio</b>	<b>6400</b>

<b>Material</b>	<b>Velocidad del sonido (m/s)</b>
<b>Pulmón</b>	<b>600</b>
<b>Grasa</b>	<b>1460</b>
<b>Hígado</b>	<b>1555</b>
<b>Sangre</b>	<b>1560</b>
<b>Músculo</b>	<b>1600</b>
<b>Hueso</b>	<b>4080</b>

<b>TEJIDO</b>	<b>IMPEDANCIA ACÚSTICA</b> <b>(kg m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Z=ρv</b>
<b>Aire</b>	<b>0.0004 10<sup>6</sup></b>	
<b>Pulmón</b>	<b>0.18 10<sup>6</sup></b>	
<b>Grasa</b>	<b>1.34 10<sup>6</sup></b>	
<b>Agua</b>	<b>1.48 10<sup>6</sup></b>	
<b>Hígado</b>	<b>1.65 10<sup>6</sup></b>	
<b>Sangre</b>	<b>1.65 10<sup>6</sup></b>	
<b>Riñón</b>	<b>1.63 10<sup>6</sup></b>	
<b>Músculo</b>	<b>1.71 10<sup>6</sup></b>	
<b>Hueso</b>	<b>7.8 10<sup>6</sup></b>	

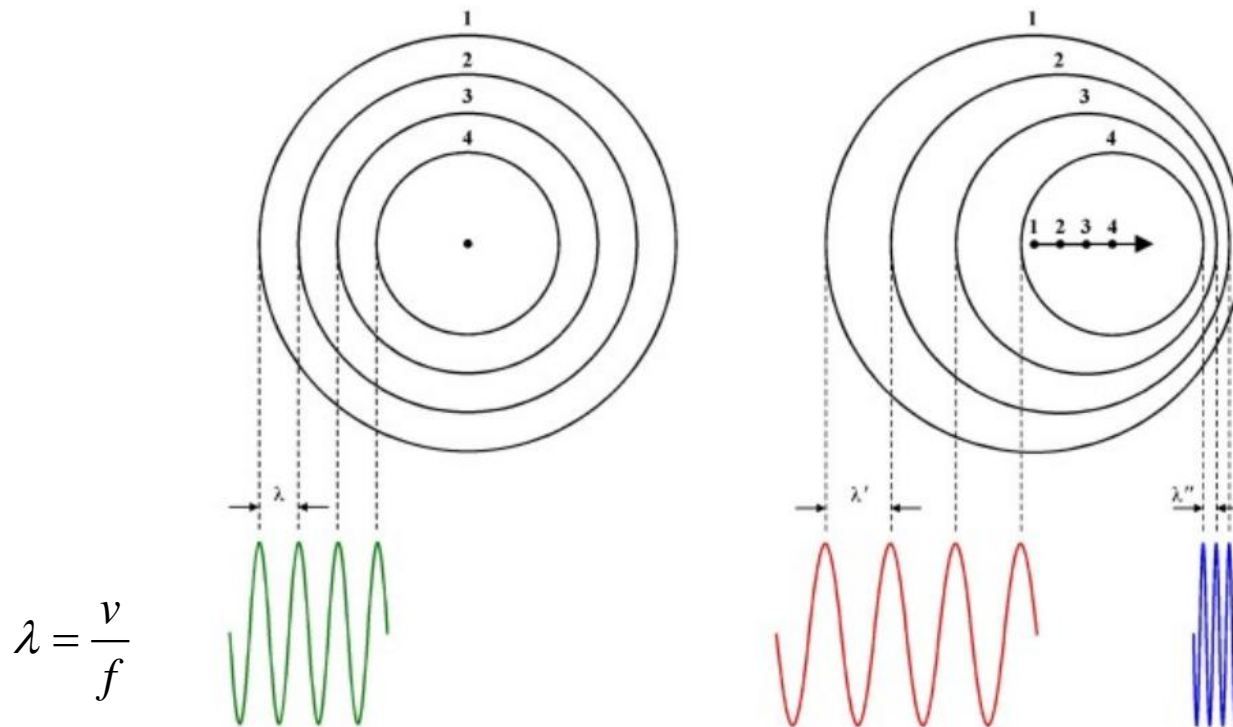
**INTERFACE****INTENSIDAD  
REFLEJADA/INTENSIDAD  
INCIDENTE****Riñón-Hígado****0.00004****Hígado-****0.0003****Músculo****Grasa-Hígado****0.01****Músculo-Hueso****0.41****Músculo-Aire****0.98**

- **Efecte Doppler:** canvi de freqüència que experimenta una ona quan l'emissor, el receptor o ambdós es mouen respecte al medi de propagació

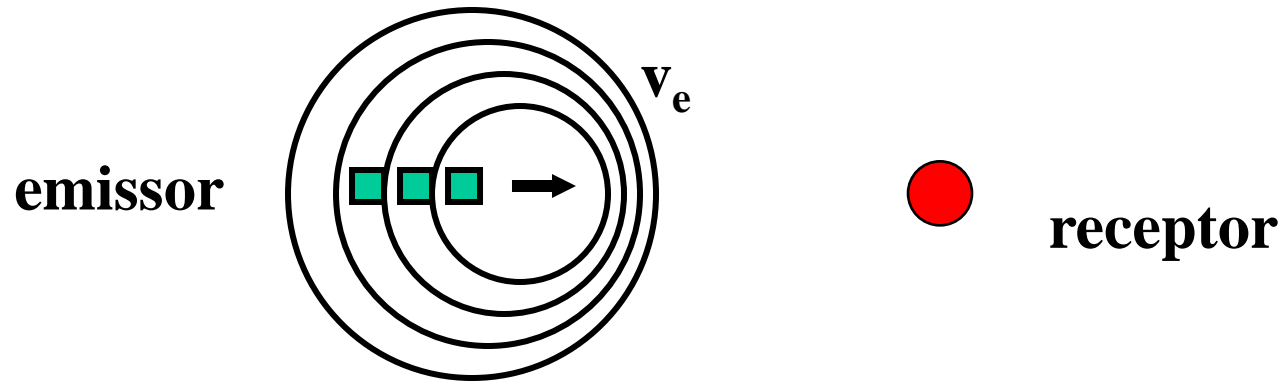
•

•

- **Efecte Doppler:** canvi de freqüència que experimenta una ona quan l'emissor, el receptor o ambdós es mouen respecte al medi de propagació



- Efecte Doppler: Emissor s'apropa al receptor

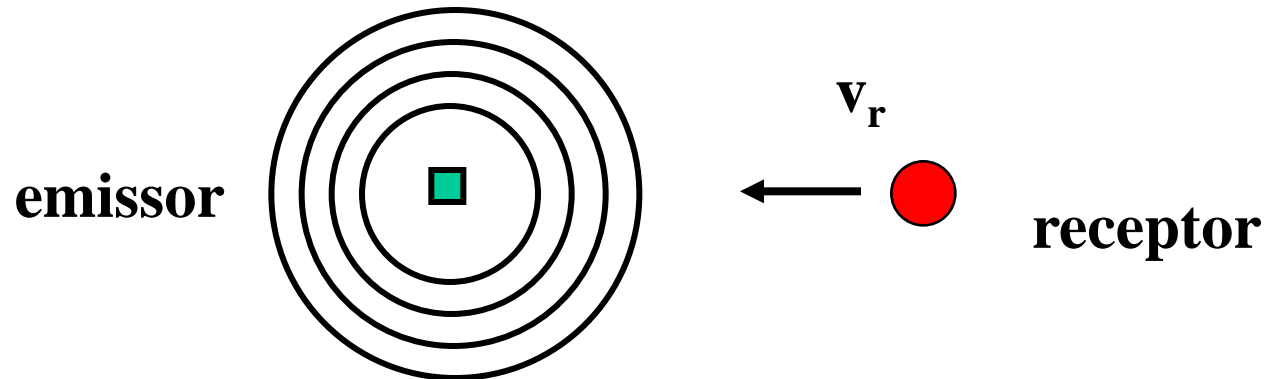


$$\lambda' = \frac{(v - v_e)}{f}$$

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = v \frac{f}{(v - v_e)} = f \frac{v}{(v - v_e)}$$

$$f' > f$$

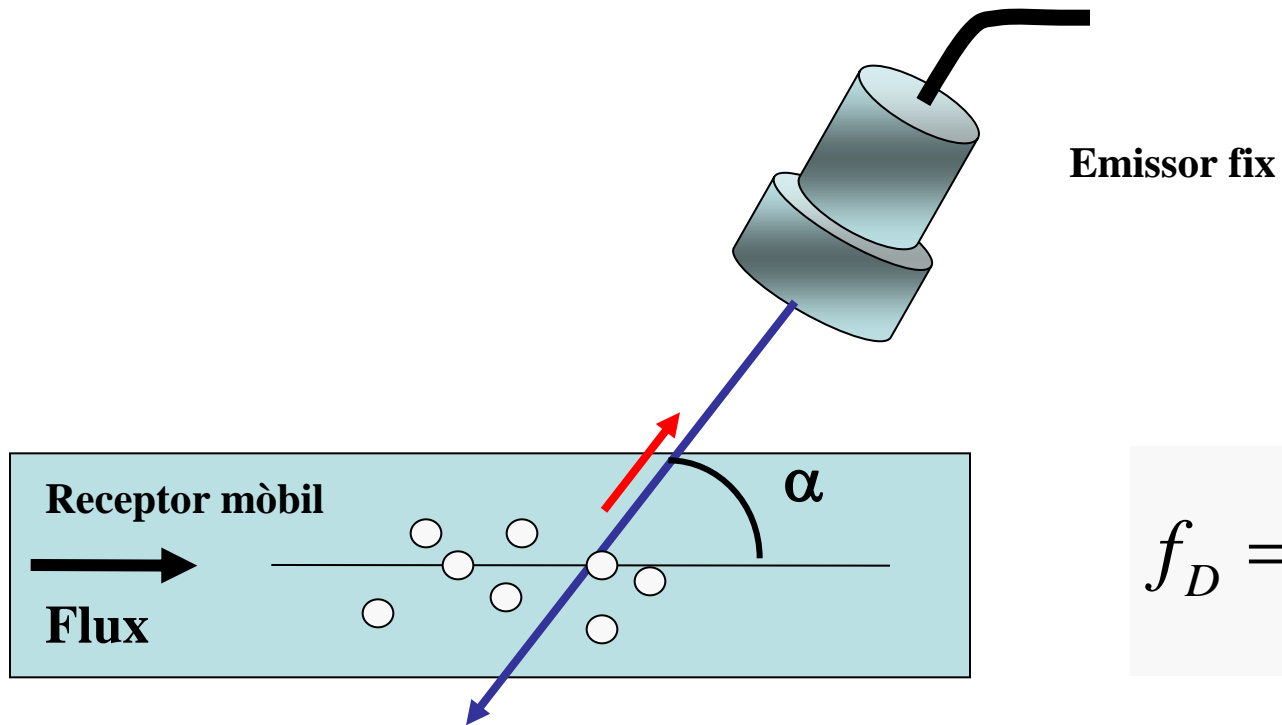
- Efecte Doppler: Receptor s'apropa a l'emissor



$$\lambda = \frac{v}{f} \quad f' = \frac{v + v_r}{\lambda} = f \frac{v + v_r}{v} = f \left( 1 + \frac{v_r}{v} \right)$$

$$f' > f$$

- Efecte Doppler: Ultrasonografia Doppler



$$f_D = \frac{2f_0 v_r}{v_s} \cos \alpha$$

$V_r$  ; velocitat sang

$V_s$  ; velocitat so

Calcular la freqüència Doppler que s'obtindrà al estudiar el ritme cardíac fetal mitjançant una sonda ultrasònica que emet ones de 2 MHz.

Velocitat de la interfase 20 cm/s

Velocitat del so 1540 m/s

$$f_D = 2f_0 \frac{v_r}{v_s} \cos \alpha$$

$$f_D = 2 \cdot 2 \text{ MHz} \left( \frac{0,2 \text{ ms}^{-1}}{1540 \text{ ms}^{-1}} \right) = 519 \text{ Hz}$$

- Magnituds acústiques en ultrasons

Potència acústica: és l'energia transmesa per la font ultrasònica al medi per unitat de temps. Es mesura en watts (W). Típicament 1 - 100 mW

Intensitat acústica: és la potència acústica per unitat d'àrea. Es mesura en  $W/m^2$ ,  $mW/cm^2$ , ...

Amplitud de pressió: màxim increment de pressió produït per l'onda ultrasònica en el medi (o màxim decreixement de la pressió). Té molta importància per estimar la possibilitat que es produeixi cavitació en el medi material. Es mesura en pascals (Pa). Típicament 1 - 3 MPa