

Principe de l'échographie - Corrigé

I. Généralités sur les ondes sonores

1. Une onde sonore est la propagation d'une surpression dans un milieu matérielle. La grandeur physique qui se propage est la surpression $p(x,t)$.
2. L'oreille humaine est sensible aux fréquences $f \in [20 \text{ Hz} ; 20 \text{ kHz}]$.
3. On redonne la vitesse du son dans l'air $C_s = 340 \text{ m.s}^{-1}$. La longueur d'onde est définie par :

$$\lambda = \frac{C_s}{f}$$

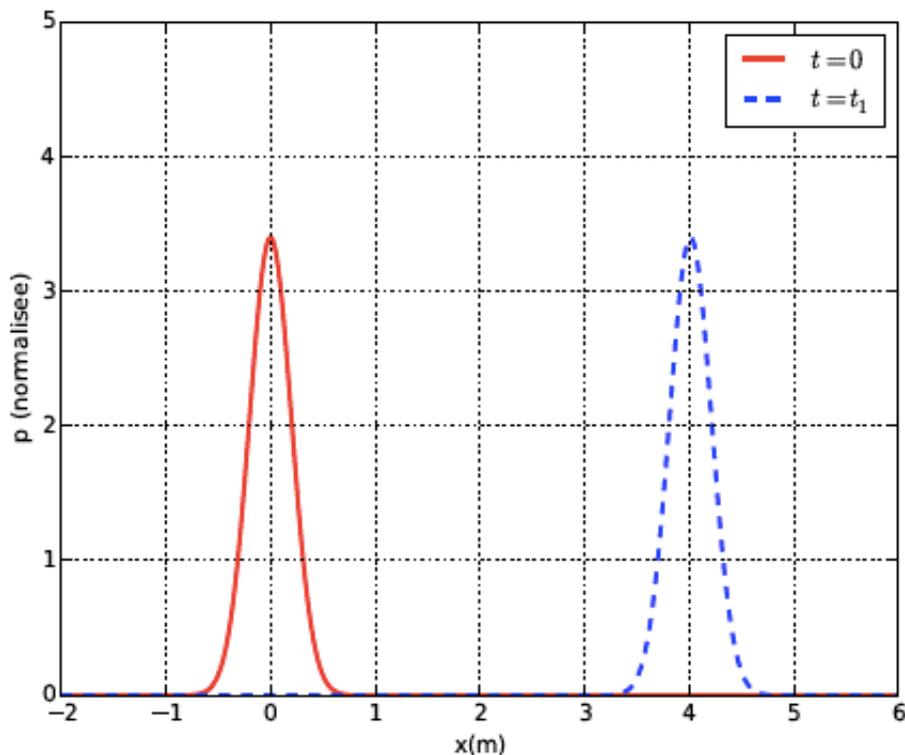
Les longueurs d'onde des sons audibles par l'homme appartiennent à l'intervalle $[17 \text{ mm} ; 17 \text{ m}]$.

II. Généralités sur les ondes progressives

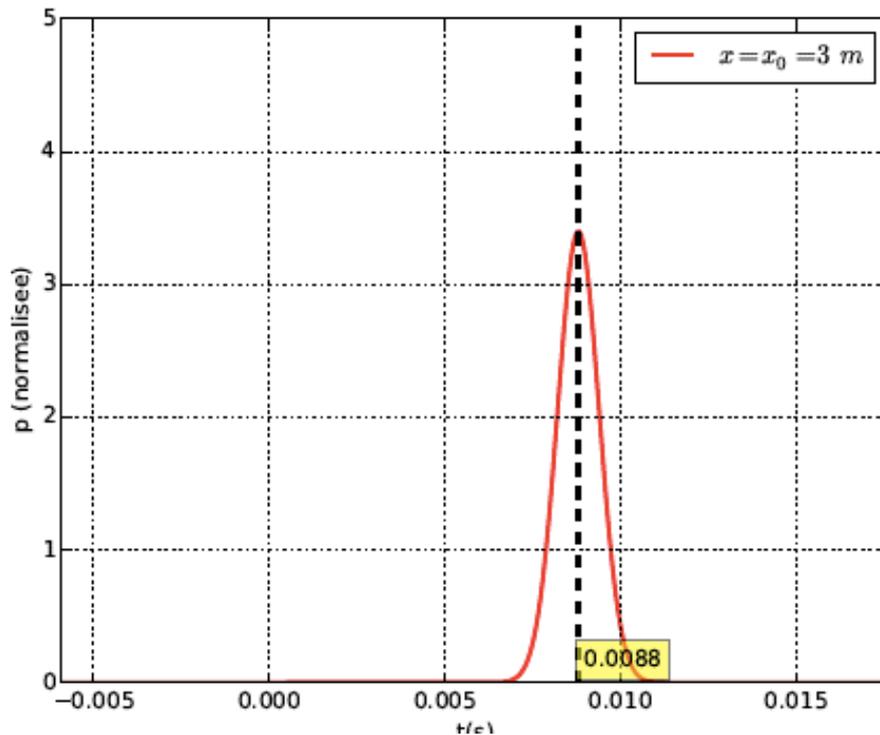
1. Onde sonore $p(x, t)$ progressive (unidimensionnelle) se propageant vers les x croissants :

$$p(x,t) = p(x - C_s t)$$

2. Pendant la durée τ , l'onde se propage sur une distance $\delta = C_s \tau$. Ici $\tau = t_1 = 11,8 \text{ ms}$ donc $\delta \approx 4 \text{ m}$.



3. Un capteur est positionné en $x_0 = 3 \text{ m}$.



La largeur temporelle de l'onde vaut $\Delta = l/C_s$ où $l \approx 1,5 \text{ m}$ est sa largeur spatiale :
 $\Delta = l/C_s = 0,0044 \text{ s}$.

4. Si l'onde se propage vers les x décroissants :

$$p(x,t) = p(x + C_s t)$$

III. Principe de l'échographie

1. Propriétés acoustiques des milieux biologiques

ii) $C_{mb} = 1,49 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $Z_{mb} = 1,49 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

iii) $C_{os} = 12,4 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $Z_{os} = 7,59 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

2. Application pratique à l'échographie

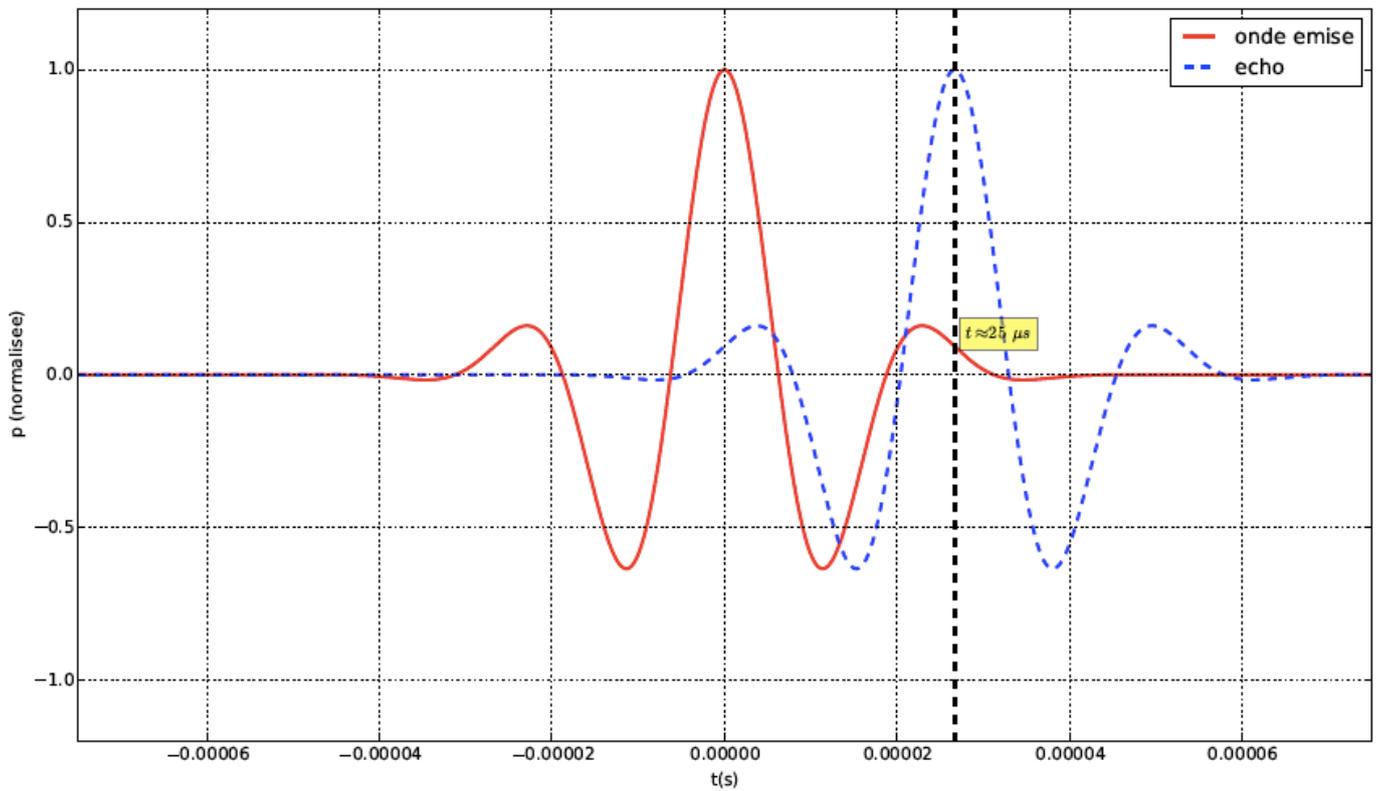
- i) Il existe nécessairement un film d'air entre la sonde échographique et la peau. Les impédances acoustiques de l'air et la peau étant très différentes, l'onde émise est alors en grande partie réfléchiée. Pour sonder correctement les organes sub-cutanée, il faut apposer un gel adaptateur d'impédance entre la sonde et la peau.
- ii) Les impédances acoustiques des os et des tissus mous étant très différentes, l'onde ultrasonore est quasiment totalement réfléchiée par la boîte crânienne. Elle ne pénètre donc pas dans le cerveau.
- iii) L'onde sonore se propage en sens inverse de l'onde incidente. La profondeur de la cible échogène est donnée par :

$$h = \frac{1}{2} C_s \times \Delta t$$

avec $\Delta t = 25 \mu\text{s}$, $C_s = 1,49 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

En assimilant les tissus mous à de l'eau, on trouve :

$$h \approx 1,9 \text{ cm}$$



iv) En négligeant toute atténuation de l'onde incidente lors de sa propagation à travers les tissus mous, le coefficient de réflexion par le tissu échogène est donné par $r = \frac{A'}{A}$ et

l'impédance de ce tissu vaut :

$$Z_2 = Z_1 \frac{1+r}{1-r}$$

On trouve $Z_2 = 7,63 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. C'est donc un os.