

PSI – PSI 2017 – 2018*
DM N°6
Pour le vendredi 09-02-2018

Les deux parties sont totalement indépendantes

PREMIERE PARTIE : RESOLUTION DE PROBLEME



Le but de l'exercice est de répondre à la question suivante :
Pourquoi les bandits et les indiens écoutaient-ils arriver les trains en collant leur oreille sur les rails ?

- ✚ Montrer par un raisonnement simple que la différence des vitesses de propagation dans l'air et dans l'acier ne suffit pas à justifier la technique utilisée.
- ✚ Mettre en place un modèle de propagation dans l'air et un modèle de propagation dans le rail (on supposera que le rail se comporte « comme un fluide » de grande masse volumique dans lequel l'onde sonore se propage très vite – cf. données).
- ✚ En déduire la puissance sonore transmise par le rail d'une part et celle transmise par l'air d'autre part. En déduire une justification quantitative de la technique (on attend une ou des AN).

Données :

- $\mu_{0,\text{acier}} = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$
- $\mu_{0,\text{air}} = 1.3 \text{ kg.m}^{-3}$
- $c_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$
- $c_{\text{acier}} = 3300 \text{ m.s}^{-1}$
- La section d'un rail est supposée carrée de côté $a = 7 \text{ cm}$.

Le texte ci-dessus est volontairement succinct.

Si vous êtes bloqués après plusieurs tentatives infructueuses de modélisation, vous pouvez vous reporter au lien suivant qui donne quelques indications sous forme de questions et devrait vous mettre sur la voie :

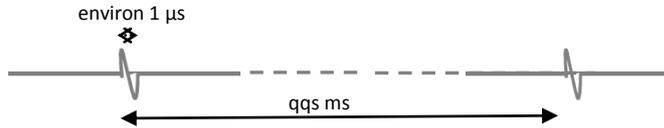
https://lycee-champollion.fr/IMG/pdf/dm_no6_-_premiere_partie_-_aide_a_la_resolution.pdf

DEUXIEME PARTIE : ANALYSE DE DOCUMENTS

✚ Document 1 – Echographie (Université Paris 5 et Université de médecine de Rennes)

Les ondes ultrasonores utilisées pour l'échographie sont des ondes impulsionnelles :

- Les impulsions sont constituées chacune d'une ou deux périodes de sinusoïdes de fréquence environ égale à 1 MHz, espacées les unes des autres de quelques ms :



- Ces ondes s'amortissent dans les tissus en fonction de la profondeur et de la fréquence.
- Les milieux concernés sont des tissus mous dont les impédances, très différentes de celle de l'air, sont de l'ordre de 10^6 Pa.s/m.
- La résolution de la technique, c'est-à-dire la distance séparant deux points pouvant être distingués, est de l'ordre de la demi-longueur d'onde.

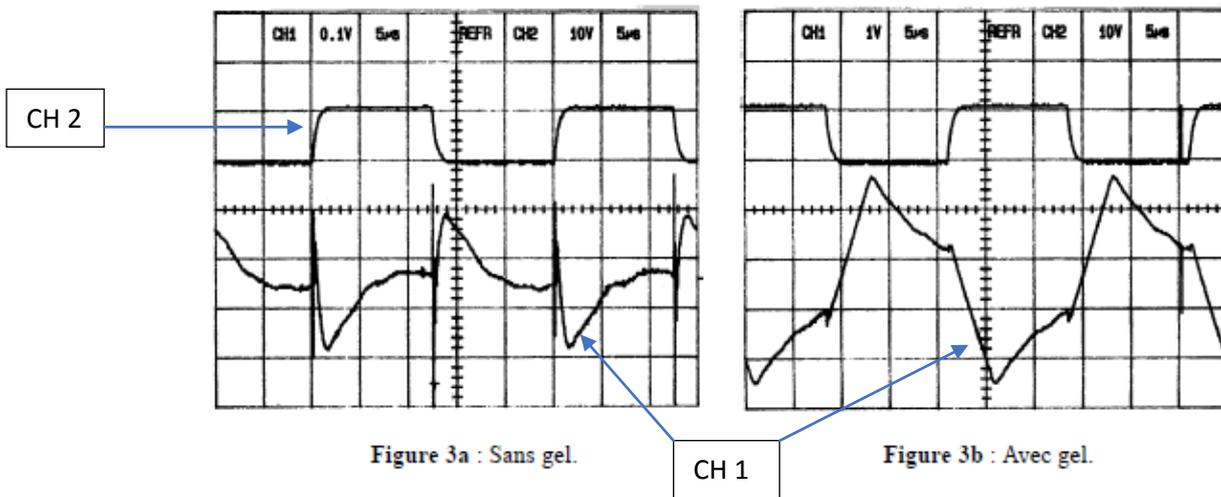
Tissu	ρ (kg/m ³)	c (m/s)
Cerveau	$1.03 \cdot 10^3$	1555
Foie	$1.06 \cdot 10^3$	1566
Eau	$1.00 \cdot 10^3$	1500
Poumon	$0.4 \cdot 10^3$	650
Squelette	$1.60 \cdot 10^3$	2500 - 4000

Tissu	Z (Pa.s/m)
air	410
graisse	$1,38 \cdot 10^{+6}$
eau	$1,48 \cdot 10^{+6}$
sang	$1,51 \cdot 10^{+6}$
rein	$1,62 \cdot 10^{+6}$
foie	$1,65 \cdot 10^{+6}$
muscle	$1,70 \cdot 10^{+6}$
os	$7,8 \cdot 10^{+6}$

Fréquence des ultrasons	Profondeur d'exploration maximale
2,5 - 3,5 MHz	> 15 cm
5 MHz	10 cm
7,5 MHz	5-6 cm
10 - 12 MHz	2-3 cm

✚ Document 2 – DEIBER et KEMPF – BUP 798 ; pages 1927-1928

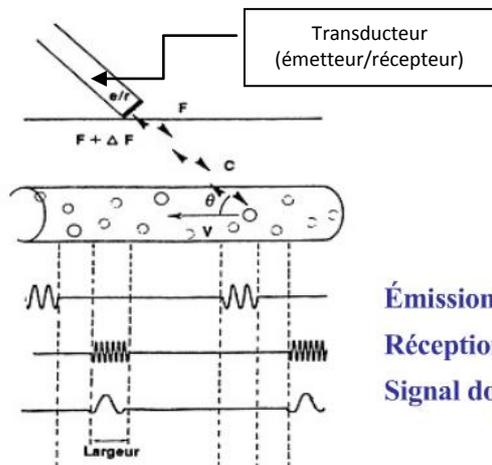
Les deux oscillogrammes (figures 3a et 3b) mettent en évidence le rôle joué par le gel échographique que l'on applique entre le transducteur et la peau ; ils ont été obtenus par l'enregistrement simultané du signal crêteau d'un émetteur situé sur le dos de la main (CH2) et d'un récepteur situé sur la paume de la même main (CH1).



Document 3 – Doppler sanguin pulsé (Université de médecine de Montpellier – Université Joseph Fourier de Grenoble)

L'effet Doppler est utilisé pour mesurer des débits sanguins et détecter d'éventuelles anomalies dans les systèmes vasculaires. Les particules qui réfléchissent l'onde ultrasonore sont les hématies contenues dans le sang ; elles se déplacent à la même vitesse que lui.

Le principe est donné ci-dessous :



La vitesse des hématies et donc de l'écoulement sanguin est :

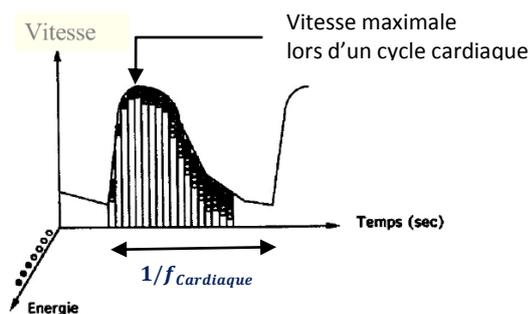
$$V = \frac{1}{2} \frac{\Delta f c}{F \cos \theta}$$

Le transducteur émet de façon discontinue les impulsions ultrasonores de fréquence F.

La fréquence de répétition des impulsions est appelée PRF (Pulse Repetition Frequency).

Un système électronique pilote le délai émission-réception. Il est donc possible de **déterminer la profondeur à explorer.**

Les signaux Doppler de période $\frac{1}{\Delta f}$ permettent après traitement d'obtenir la distribution des vitesses :



Le signal Doppler contient 4 informations :

- la fréquence Doppler proportionnelle aux vitesses détectées
- l'intensité proportionnelle à la quantité de particules produisant la fréquence doppler
- la variation dans le temps des informations précédentes.
- une information spatiale



$$V_{\max} = 4,04 \text{ m.s}^{-1} ; F_{\text{émission}} = 4 \text{ MHz} ; \theta = 55^\circ$$

La photo de droite montre le signal Doppler traité ainsi que l'image d'échographie de la sténose de l'artère concernée ; la sténose correspond à un rétrécissement et l'artère poplitée est l'artère qui amène le sang vers la jambe et le pied.

Dans une artère saine, la vitesse maximale observée est inférieure à 1 m.s^{-1}

EN VOUS SERVANT DES DOCUMENTS ET DE VOS CONNAISSANCES SUR LES ONDES,
REpondre AUX QUESTIONS SUIVANTES EN JUSTIFIANT PRECISEMENT VOS REponses ET EN
EFFECTUANT LES APPLICATIONS NUMERIQUES NECESSAIRES

1. Quel est l'intérêt pour l'acquisition des signaux d'échographie de séparer les impulsions successives ? On réfléchira en termes de temps caractéristiques.
2. Commenter les phrases suivantes :
 - « L'échographie doit réaliser un compromis entre une fréquence élevée et une fréquence faible ».
 - « L'échographie est l'imagerie de la différence d'impédance de deux tissus ».
3. Pour les organes ou les situations suivant(e)s, indiquer quelle fréquence il est plus intéressant d'utiliser : Vaisseaux superficiels, aorte, thyroïde, échographie abdominale, échographie d'un enfant.
4. Montrer que le document 2 met en évidence l'intérêt du gel échographique ; relier ces résultats expérimentaux à la notion d'impédance acoustique.
5. En quoi l'échographie Doppler permet-elle de détecter les sténoses et leur gravité ?
6. Commenter les deux phrases suivantes concernant la technique de Doppler sanguin :
 - « La profondeur à explorer limite la fréquence de répétition des impulsions (PFR) »
 - « La PFR limite la valeur de Δf et donc les vitesses maximales détectables »
7. En vous servant des données de la photo, déterminer numériquement le Δf correspondant à la vitesse maximale mesurée. Quelle est donc la valeur minimale de la PFR ?