

# Devoir Maison UE FpA - Acoustique

## Partie Acoustique

Master 2 Sciences, Technologies, Santé - Parcours ATIAM

---

### Exercice 1

Le but de cet exercice est de trouver que l'expression de la réponse impulsionnelle à l'entrée d'un résonateur cylindrique fermé/ouvert de longueur  $l$  vaut :

$$p(x, t) = Z_c u_s [\delta(t) - 2\delta(t - 2l/c) + 2\delta(t - 4l/c) - 2\delta(t - 6l/c) + \dots] \quad (1)$$

où  $Z_c$  est l'impédance caractéristique des ondes planes,  $c$  la vitesse du son et  $\delta$  le symbole de Kronecker. Nous allons suivre la même démarche que celle que nous avons vue en cours pour un résonateur aux conditions aux limites quelconques, et une source de débit  $u_s$  à une position  $x_s$  dans l'instrument. Ici, on considère que la source est en  $x_s = 0$ , et que la propagation se fait selon le mode plan. On néglige la dissipation dans le guide, et l'impédance de rayonnement est nulle.

Les questions 1./, 2./, 3./ et 5./ sont indépendantes.

1. Rappeler la définition de la réponse impulsionnelle.
2. Ecrire la ou les ondes primaires.
3. Que valent les fonctions de réflexion aux extrémités gauche et droite du cylindre ? En déduire l'expression de l'opérateur  $g_{ar}$  par lequel il faut convoluer les ondes primaires après chaque aller-retour dans le tube, dans ce cas précis.
4. En déduire que la réponse impulsionnelle à l'entrée du résonateur est donnée par l'équation (1).
5. Finalement, interpréter les différents termes de l'équation 1, en décrivant ce qui se passe dans le résonateur pour une source de pression en  $t=0$  à  $x=0$ .

### Exercice 2

On souhaite chercher les modes et les fréquences propres d'un tuyau cylindrique fermé à l'entrée ( $x = 0$ ) et ouvert à la sortie ( $x = l$ ). Les pertes dans le tuyau sont ignorées. Les questions sont indépendantes.

1. A quelle condition la propagation dans le tuyau peut-elle être considérée linéaire ?
2. Ecrire l'équation (linéaire) des ondes en coordonnées cartésiennes 3D en utilisant l'opérateur Laplacien puis les dérivées partielles.
3. A quelle condition traiter la propagation dans le cylindre avec une équation des ondes 1D n'est pas une approximation ?
4. Que proposez-vous comme conditions aux limites en pression pour représenter le caractère fermé/ouvert du cylindre, et expliquez pourquoi ?

5. On cherche les solutions à variables séparées de l'équation aux dérivées partielles

$$\partial_x^2 p(x, t) - \frac{1}{c_0^2} \partial_t^2 p(x, t) = 0.$$

- Expliquez pourquoi par rapport à l'objectif annoncé au début de l'exercice.
- Que proposez-vous comme forme à donner à la solution recherchée ?

6. Trouver les solutions à variables séparées de l'équation aux dérivées partielles

$$\partial_x^2 p(x, t) - \frac{1}{c_0^2} \partial_t^2 p(x, t) = 0$$

avec comme conditions aux limites

$$\partial_x p(x = 0, t) = 0 \forall t \quad \text{et} \quad p(x = l, t) = 0 \forall t.$$

En déduire que l'ouverture d'un trou en  $x = l/3$  modifie le premier mode sans modifier le second mode.