

- ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ 🔍 ↺

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ◻ ▶ ◀ ≡ ≡ ▶ ◀ ≡ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ↺ 🔍 ↻

## Approche qualitative

### Interprétation en termes de discontinuité de section du guide

- On considère une discontinuité de section "isolée", i.e. avec des tuyaux à gauches et à droites suffisamment longs pour que des modes évanescents éventuels aient eu le temps de s'amortir. Reste le mode plan.
- Dans le tuyau gauche :

$$p_1 = p_1^+ + p_1^- \quad \text{et} \quad u_1 = \frac{S_1}{\rho_0 c_0} (p_1^+ - p_1^-)$$

- Quand l'onde atteint la discontinuité, une partie est réfléchiée et l'autre se propage dans le tuyau droit (selon le mode plan). Tant qu'il n'y a pas d'autre réflexion dans le tuyau droit :

$$p_2 = \frac{\rho_0 c_0}{S_2} u_2$$

- A la discontinuité, on écrit la continuité de la pression et du débit. Donc à l'instant où l'onde arrive à la discontinuité :

$$p_1 = \frac{\rho_0 c_0}{S_2} u_1$$



### Interprétation en termes de discontinuité de section du guide (suite ...)

- On en déduit qu'avant l'arrivée d'autres ondes réfléchies, on a dans le tube de gauche, juste à la jonction, [Chaigne et Kergomard, p261] :

$$\frac{p_1^-}{p_1^+} = \frac{S_1/S_2 - 1}{S_1/S_2 + 1}$$

- **Conséquence** : la réflexion est d'autant plus forte que la discontinuité de section est importante ( $S_1 = S_2$  implique pas de réflexion,  $S_2$  infinie implique une réflexion avec changement de signe).
- **Conclusion** : pour transmettre plus d'énergie au milieu extérieur, il faut **adapter les impédances**. C'est une des fonctions des pavillons. Explique la forme évasée des "porte-voix".
- En développant un peu cette approche on arrive à trouver la partie réelle de l'impédance de rayonnement dans des cas simples ([Chaigne et Kergomard, p587])

## Impéd. de ray. d'un cylindre dans un écran infini

### Principe ([Chaigne et Kergomard, p588])

- Intégrale de Rayleigh
- Décomposition pression/vitesse sur les modes du conduits (modes évanescents près de l'extrémité ouverte, mais uniquement ceux avec la même symétrie que le guide, i.e. radiale) et on conserve le mode plan.

### Résultats (approchés)

- Approximation du "piston plan" en BF ( $a$ =rayon du cylindre) :

$$Z_R = \frac{\rho_0 c}{S} \left[ \frac{1}{2}(ka)^2 + j\frac{8}{3\pi}ka \right] + O[(ka)^3]$$

- Partie réelle (résistive) : puissance rayonnée proportionnelle au carré de la fréquence

- Partie imaginaire (réactive) correspond à une correction de longueur :  $\Delta l = 8a/3\pi \simeq 0.85a$  (donc modification des fréquences de résonances).

- Pour info, un calcul plus complet (mais toujours BF) donne  $\Delta l = 0.8216a$
- Pour des fréquences quelconques, le calcul fait apparaître une correction de longueur variable avec la fréquence (cf. Equ. (12.127) et (12.128) p589)

## Impédance de rayonnement sans écran

### Résultats (approchés) en BF

- Travaux de Levine et Schwinger (1948 !)
- A basses fréquences ( $a$ =rayon du cylindre) :

$$Z_R = \frac{\rho_0 c}{S} \left[ \frac{1}{4}(ka)^2 + j0.6133ka \right] + O[(ka)^3]$$

Partie imaginaire correspond à une correction de longueur  $\Delta l = 0.6133a$   
Donc modification des fréquences de résonances.

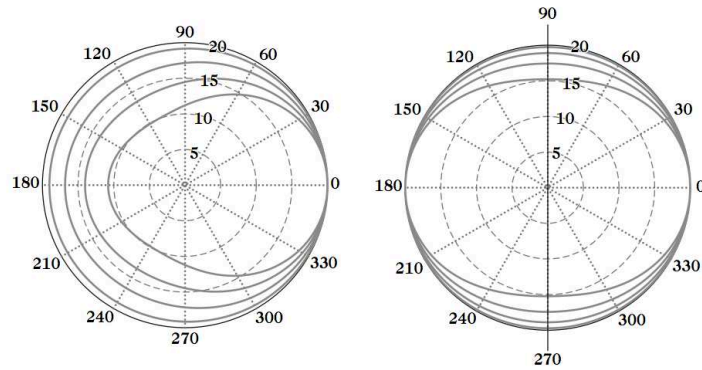
### Remarque

Les deux cas (écran fini / sans écran) sont deux cas extrêmes, ce qui permet d'aboutir à des formules simples.

Le cas intermédiaire d'un tuyau avec une certaine épaisseur est beaucoup plus complexe, et on obtient une formule approchée pour le coefficient de réflexion par ajustement sur des résultats numériques ou expérimentaux ([Chaigne et Kergomard, p591])

## Quelques exemples de diagrammes de directivités

En ce qui concerne la directivité des tuyaux sonores, nous dirons simplement que le comportement en BF est proche de celui d'un monopole, et que le diagramme de directivité devient plus complexe quand la fréquence augmente (en particulier, comportement plus directif) ... [Chaigne et Kergomard, p591]



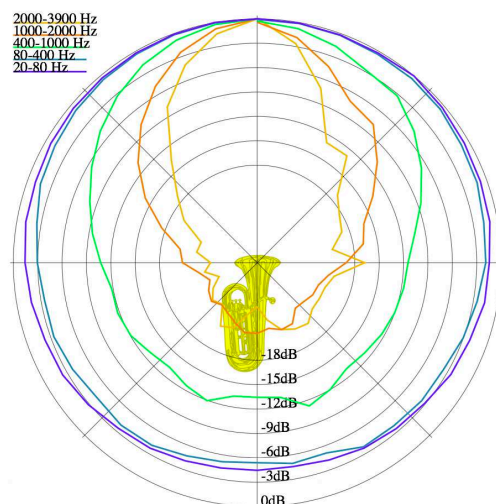
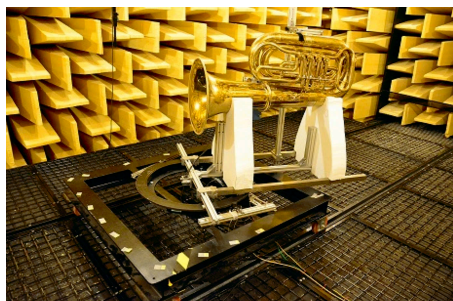
**Figure 12.30.** Directivité, en décibels, d'un tuyau sans écran (gauche),  $D(\theta)F(\theta)$ , et d'un piston plan dans un écran infini,  $D(\theta)$  (droite). Les valeurs de la fréquence sont, de l'extérieur vers l'intérieur :  $ka = 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2$ .

**Exemple :** directivité d'un tuyau sans écran (à gauche) et avec écran infini (à droite).  
D'après [Chaigne et Kergomard, p592].

M2 ATIAM Acoust. Générale

**Utilisation musicale :** les joueurs de cuivres utilisent le fait que la directivité augmente avec la fréquence pour modifier le timbre perçu par l'auditeur en orientant différemment son pavillon

D'après [https://iwk.mdw.ac.at/?page\\_id=145](https://iwk.mdw.ac.at/?page_id=145)



M2 ATIAM Acoust. Générale