

# MP29 : Ondes, propagation, conditions aux limites

## Bibliographie :

- ☞ *Physique expérimentale–optique, mécanique des fluides, ondes et thermodynamique*, M. Fruchart, P. Lidon, E. Thibierge, M. Champion, A. Le Diffon. [1]
- ☞ *Cuve à onde* BUP 2003 [2]
- ☞ *H-Prépa ondes* [3]

[1] Cuve à onde, [2] des détails en plus si on a le temps, [3] le cable coaxial !

## Rapports de jury :

**2017** : *Ce montage est riche, car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au cable coaxial. Enfin, la détermination de la fréquence de résonance de la corde de Melde à l'aide d'un stroboscope n'a pas de sens quand la corde est utilisée avec un générateur basse fréquence muni d'un fréquence-mètre avec cinq digits*

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Propagation libre</b>	<b>2</b>
1.1	Propagation non dispersive : ondes acoustiques dans l'air . . . . .	2
1.2	Propagation dispersive : ondes capillaires dans l'eau . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Réflexion ; impédance et conditions aux limites</b>	<b>2</b>
2.1	Mesure de la célérité d'une onde électromagnétique dans un cable coaxial . . . .	2
2.2	Mesure de l'impédance caractéristique du cable coaxial . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Propagation guidée - conditions aux limites</b>	<b>3</b>
3.1	Corde de guitare . . . . .	3

## Introduction

Définition d'une onde progressive : propagation d'une perturbation, sans transport de matière mais avec transport d'énergie. De nombreux types d'ondes, mais qui vérifient toutes la même équation de propagation : on s'attend à des comportements similaires dans de nombreux domaines de la physique.

## Proposition de plan :

### 1 Propagation libre

#### 1.1 Propagation non dispersive : ondes acoustiques dans l'air

✓ **Manip : Mesure de la célérité du son avec les canards**

**En préparation :** Il faut réaliser les branchements, et faire le calcul d'incertitudes pour une mesure de 20 longueurs d'ondes. Mesure aussi la température pour comparer à une valeur tabulée.

**En direct :** Mode XY, la mesure de déphasage est plus précise. On mesure  $20 \lambda$ .

**Exploitation :** On calcule  $c$  et on compare à  $c$  théorique (d'Alembert).  $c = 20.05 \sqrt{T}$

*Transition :* Mais on peut aussi étudier une propagation libre avec des ondes capillaires : Cependant cette fois la propagation est dispersive, c'est à dire que la vitesse dépend de la longueur d'onde.

#### 1.2 Propagation dispersive : ondes capillaires dans l'eau

✓ **Manip : Mesure de la tension de surface de l'eau**

**En préparation :** Cette mesure est à faire idéalement en fin de préparation pour éviter que l'eau ne se salisse. Il faut nettoyer la cuve avec de l'éthanol.

**En direct :** On mesure la fréquence en fonction de la longueur d'onde. Et on peut tracer

**Exploitation :** On mesure la tension de surface et l'accélération de la pesanteur.

Attention, la cuve à onde grossit ! il faut mesurer le grandissement (on me une pièce, on mesure la taille grossie et la taille réelle).

*Transition :* La propagation est en fait rendue possible par l'évolution conjointe de deux grandeurs couplées : le lien entre ces deux champs est caractéristique du milieu et s'appelle l'impédance.

## 2 Réflexion ; impédance et conditions aux limites

Bien dire que ce sont les conditions aux limites qui imposent la réflexion

#### 2.1 Mesure de la célérité d'une onde électromagnétique dans un cable coaxial

✓ **Manip : Mesure de la célérité dans le cable coaxial**

**En préparation :** On mesure l'écart entre le signal d'entrée et la réflexion à impédance infinie

**En direct :** On mesure  $Dt$ .

**Exploitation :** On compare à la valeur tabulée, 66% de la célérité de la lumière.

## 2.2 Mesure de l'impédance caractéristique du cable coaxial

✓ **Manip :** Mesure de l'impédance dans le cable coaxial

**En préparation :** On trace la droite, avec divers résistances

**En direct :** On le fait pour une résistance

**Exploitation :** On peut remonter à l'inductance linéique et la capa linéique et comparer à la théorie.

Toujours écrire les relation de dispersion au tableau !

## 3 Propagation guidée - conditions aux limites

### 3.1 Corde de guitare

✓ **Manip :** Mesure de la célérité dans une corde de guitare

**En préparation :** Il faut une masse de 2kg pour tendre la corde

**En direct :** Mesure de la fréquence par FFT en fonction de la longueur.

**Exploitation :** Les conditions aux limites donnent un lien entre fréquence et masse linéique dans la corde. On sait que la fréquence varie en  $1/L$ , le fit donne  $c/2$ . On compare à  $c = \sqrt{T/\mu}$

C'est plutôt une corde de piano d'ailleurs. Pourquoi pas sortir la manip, on n'a pas le temps de la faire mais on ne sait jamais, on peut avoir des questions dessus, et si jamais la cuve à onde est cassée !

## Conclusion :

Ouvrir sur d'autres phénomènes ondulatoires : ondes stationnaires, interférences et diffraction, sur la propagation guidée ?

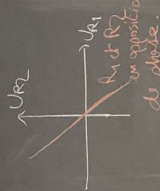
## Tableau de l'année

## MP29: Ondes: propagation et conditions aux limites

## I Propagation libre: célérité du son dans l'air.

relation de dispersion:  $R^2 = \frac{\omega^2}{c^2}$  caractéristique de la propagation

$$c = \lambda f \text{ avec } f = \frac{1}{T} \text{ et } R = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\frac{1}{T}} = cT$$



D'où:

$$c = \frac{\omega}{k} = \frac{\omega(\lambda)}{\lambda} = \frac{v(\lambda)}{\lambda}$$

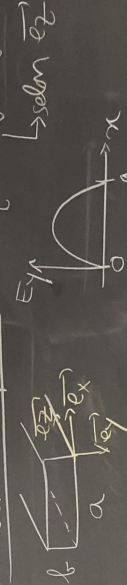
$$c_{\text{air}} = \sqrt{\gamma R T} = 340.3 \text{ m.s}^{-1} \text{    20  C}$$

$$R = \frac{p}{\rho}$$

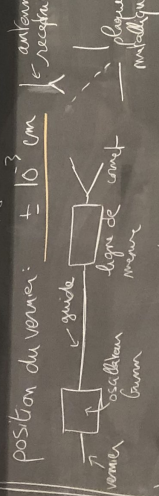
$$\gamma = 1.4$$

## II Propagation guidé: effet des conditions aux limites transverse sur la propagation

relation de dispersion:  $R^2 = \frac{\omega^2}{c^2} = k_y^2 + \frac{\pi^2}{a^2}$  (mode TE<sub>1,0</sub>)



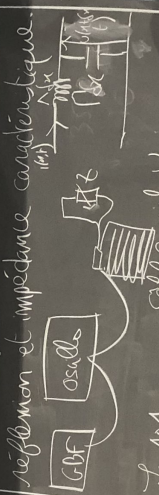
ondes progressives selon  $\vec{z}$  et stationnaires  $\vec{E}_x$

$$\frac{1}{\lambda_0^2} = \frac{1}{\lambda_z^2} + \frac{1}{4a^2}$$
Etalonnage de  $f = \frac{c}{\lambda_0}$ ,  $f_0$  (verrier):

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{c}{\frac{1}{T}} = cT$$

$$\Delta a = \frac{\Delta \lambda}{4\pi} \text{    écarte    écarte,    écarte,    écarte}$$

## III Propagation dans un câble coaxial:



$$c = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$c_{\text{cable}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = 0.66 c$$

$$v(r) = Z_c (r), Z_c = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

impédance caractéristique

\* Réflexion lors d'un changement de milieu:

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

$$Z_c = \pm \Omega$$

$$Z_{\text{cable}} = 50 \Omega$$

