

Travaux pratiques d'acoustique, séances 3, 4 et 5

« Propagation des ondes »

Licence 2, de physique et musicologie
(version : 3 fev. 2023)

Frédéric Faure
Université Grenoble Alpes, France
frederic.faure@univ-grenoble-alpes.fr

Abstract

Ces T.P. sont autour de l'équation des ondes (avec terme d'amortissement et de forçage), directement reliés au chapitre 1 de ce cours d'acoustique musicale dont voici le fichier pdf. Voici la page web du TP avec d'autres informations.

Contents

1 Ondes en dimension 1	1
2 Ondes en dimension 2 et 3	2
3 Ondes ultra-sonores	4

Remark 1. Dans la version électronique de ce document (pdf), vous accédez aux pages de cours et autres documents en **cliquant sur les liens de couleur qui entourent le texte**, comme ce lien vers la page web de ce cours.

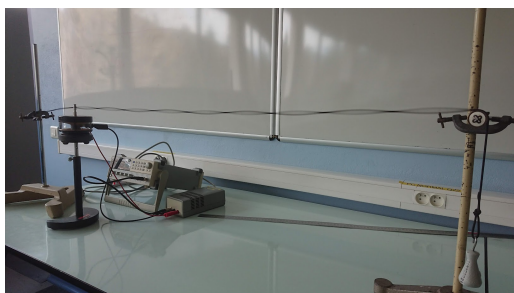
Rappel: toutes les mesures x doivent être accompagnées d'une estimation de l'incertitude de mesure Δx .

1 Ondes en dimension 1

Explications de cours:

- Obtenir l'équation d'onde pour une corde vibrante. Obtenir l'équation d'onde pour une onde sonore.
- Equation d'onde sur \mathbb{R} et sur un segment $[0, L]$, solution d'Alembert et solution de Fourier.
- Paquet d'onde. Vitesse de groupe $v_g = \frac{d\omega(k)}{dk}$ et vitesse de phase $v_{\text{phase}} = \frac{\omega(k)}{|k|}$.

Exercice 1. (TP): **Corde vibrante.** Expérience de la **corde de Melde** en régime stationnaire forcé.



1. Observer les différentes résonances $n = 1, 2, \dots$ et mesurer leur fréquences centrale f_n et longueur d'onde λ_n . Tracer la relation de dispersion $\omega(k)$: $\omega_n = 2\pi f_n$ en fonction de $k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n}$.

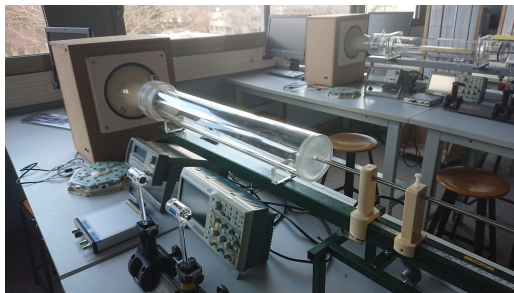
2. Dédire la vitesse de groupe c et la vitesse de phase.
3. Comparer la vitesse c obtenue à la valeur théorique en mesurant la masse linéique de la corde $\mu = \frac{dm}{dx}$ et sa tension T .
4. Près de la résonance $n = 1$, mesurer de l'amplitude $A(f)$ en fonction de la fréquence f . Dédire la largeur de résonance et le temps d'amortissement τ . Vérifier τ en arrêtant l'oscillateur.
5. (*) Si le générateur le permet, essayer d'autres formes d'ondes.

Exercice 2. (TP) **Ondes progressives sonores.** On dispose un haut parleur et un micro.



- Alimenter le haut parleur par un signal sinusoïdal d'une certaine fréquence sonore f . En déplaçant le micro et observant le déphasage à l'oscilloscope, mesurer la longueur d'onde λ .
- Répéter la mesure de λ pour différentes fréquences et tracer la relation de dispersion $\omega(k)$: $\omega = 2\pi f$ en fonction de $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Dédire la vitesse de l'onde c , la vitesse de phase et vitesse de groupe.
- Alimenter le haut parleur par un paquet d'onde de forme porte de largeur $\delta = 0.1ms$ et de période $T = 0.1s$. Mesurer le temps T et la distance D entre l'emmission et la reception et déduire la vitesse de l'onde c .

Exercice 3. (TP) **Ondes stationnaires sonores.** On dispose d'un haut parleur et un micro.



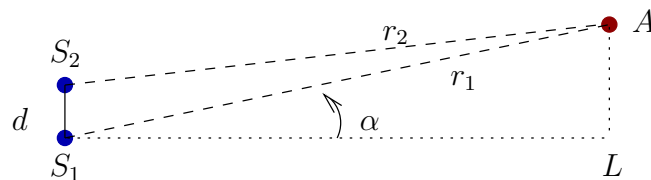
1. Dans le tuyau fermé d'un côté, alimenter le haut parleur par des signaux sinusoïdaux de différentes fréquences sonore f . Pour chaque fréquence, mesurer la position des maxima et des minima d'intensité, ainsi que les amplitudes correspondantes.
2. Dans le tuyau fermé des deux côtés d'une certaine longueur L , alimenter le haut parleur par des signaux sinusoïdaux de différentes fréquences sonore f . Mesurer les fréquences de résonances f_n et leur longueur d'onde λ_n . Tracer la relation de dispersion $k \rightarrow \omega(k)$: $\omega_n = 2\pi f_n$ en fonction de $k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n}$. Dédire la vitesse de l'onde c , la vitesse de phase et vitesse de groupe.
3. Dans le tuyau fermé des deux côtés d'une certaine longueur L , placer un micro et enregistrer (avec Audacity) le signal temporel suite à une excitation brève (un Dirac) obtenu par un choc coté plaque. Faire une transformée de Fourier du signal avec un script python et observer les résonances. Comparer à la question 2.

2 Ondes en dimension 2 et 3

Explications de cours:

- Modes stationnaires d'une plaque rectangulaire.

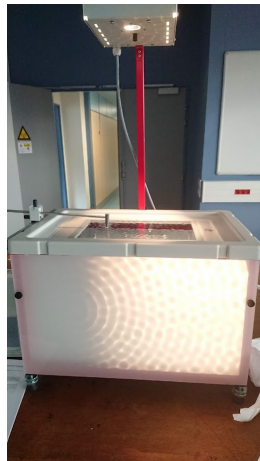
— Interférences de deux sources proches. Directions d'amplitude α nulles, si $L \gg d$:



Exercice 4. (TP) Ondes de vibration de plaques (expérience de Chaldni, mise au point par Meike Stelter).

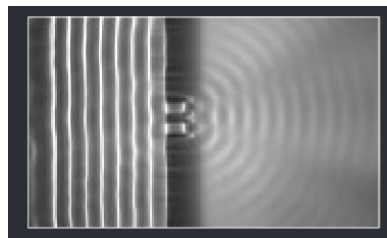
1. Pour un matériau donné de plaques, observer quelques formes de résonances, les dessiner.
2. Mesurer les longueurs d'ondes λ et la fréquence correspondante et déduire l'ordre de grandeur de la vitesse c des ondes dans la plaque.

Exercice 5. (TP) Ondes de surface (eau)



Reproduire, prendre des photos ou schéma, et expliquer, **deux expériences proposées dans le manuel** parmi la liste suivante:

1. Interférence et diffraction sur un obstacle.
2. Fentes multiples, interférences de deux sources proches:



3. Ondes à la surface de l'eau stationnaires devant une paroi de réflexion
4. Excitation d'ondes à la surface de l'eau circulaires et rectilignes
5. Propagation des ondes à la surface de l'eau dans deux profondeurs d'eau différentes
6. Réfraction des ondes à la surface de l'eau
7. Réflexion d'ondes à la surface de l'eau sur un obstacle rectiligne
8. Réflexion d'ondes à la surface de l'eau sur des obstacles courbes
9. Interférence à double faisceau d'ondes à la surface de l'eau

Exercice 6. (TP) Diagrammes de diffusion des micros et haut parleurs

Réponse spatiale (Microphone) Utiliser le montage du microphone sur banc tournant (haut-parleur fixe).

- Observer à l'oscilloscope la réponse spatiale de plusieurs microphone cardioïde et super cardioïde et pour plusieurs fréquences $f = 500\text{Hz}$, $f = 4000\text{Hz}$.
- Tracer les diagrammes de rayonnement pour chaque fréquence et superposer les courbes théoriques.
- Conclusions.

Réponse spatiale (haut-parleur) Utiliser le montage du haut-parleur sur banc tournant.

- Observer à l'oscilloscope la réponse spatiale de plusieurs haut parleurs et pour plusieurs fréquences $f = 500\text{Hz}$, $f = 4000\text{Hz}$.
- Tracer les diagrammes de rayonnement pour chaque fréquence et superposer les courbes théoriques.
- Conclusions.

3 Ondes ultra-sonores

Exercice 7. (TP) Ondes progressives ultra-sonores. On dispose d'un émetteur branché à un générateur et d'un récepteur ultra-sonore qui fonctionnent chacun à $f = 40000\text{Hz}$ et branchés à un oscillateur à deux entrées.



1. Alimenter le haut parleur par un signal sinusoïdal d'une certaine fréquence sonore f . En déplaçant le micro et observant le déphasage à l'oscilloscope, mesurer la longueur d'onde λ .
2. Déduire la vitesse de phase c .

Exercice 8. (TP) Interférences d'ondes ultra-sonores. Disposer deux émetteurs proches et en face, un récepteur ultra-sonore. Déplacer la position du récepteur et observer comment l'amplitude du récepteur dépend de sa position. Comparer à la théorie.

