

Phénoménologie des ondes

Document 1 : Ondes sismiques P et S

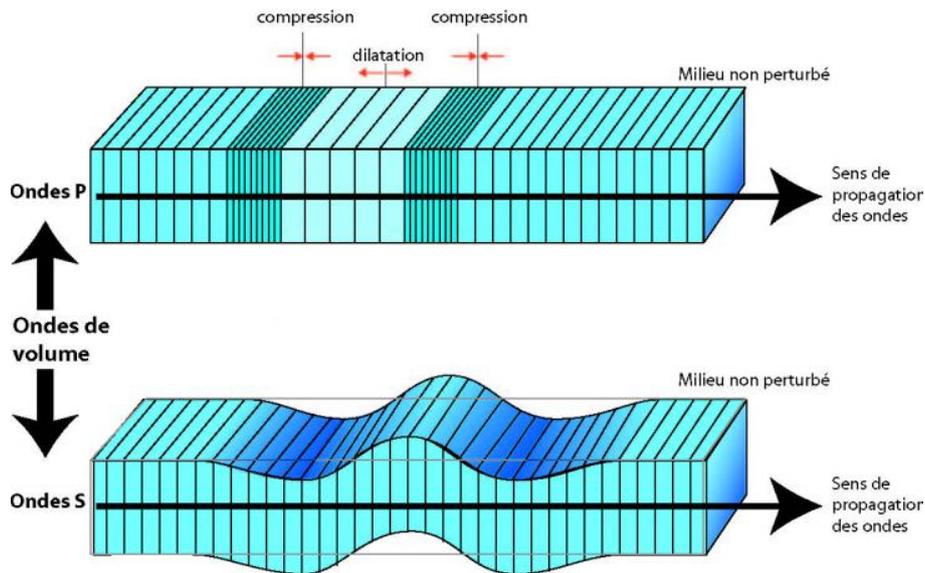


Figure 1 – Ondes sismiques P et S. Les ondes P sont des ondes longitudinales alors que les ondes S sont des ondes transverses.

Document 2 : Projection d’image dans une cuve à ondes

Une tige de largeur proche de celle de la cuve est placée dans l’eau et mise en mouvement vertical par un vibreur, voir figure 2 gauche. Pour observer les ondes ainsi formées, on utilise un dispositif optique simple. Une lampe¹ éclaire la surface libre. À la traversée de l’interface eau-air, la lumière est réfractée conformément aux lois de Descartes, rappelées chapitre O3. Après une bosse, les rayons convergent, alors qu’ils divergent après un creux, voir figure 2 droite. Le miroir permet de rediriger les rayons vers un écran. Les bandes sombres correspondent aux creux de la surface, et les bandes brillantes, aux bosses.

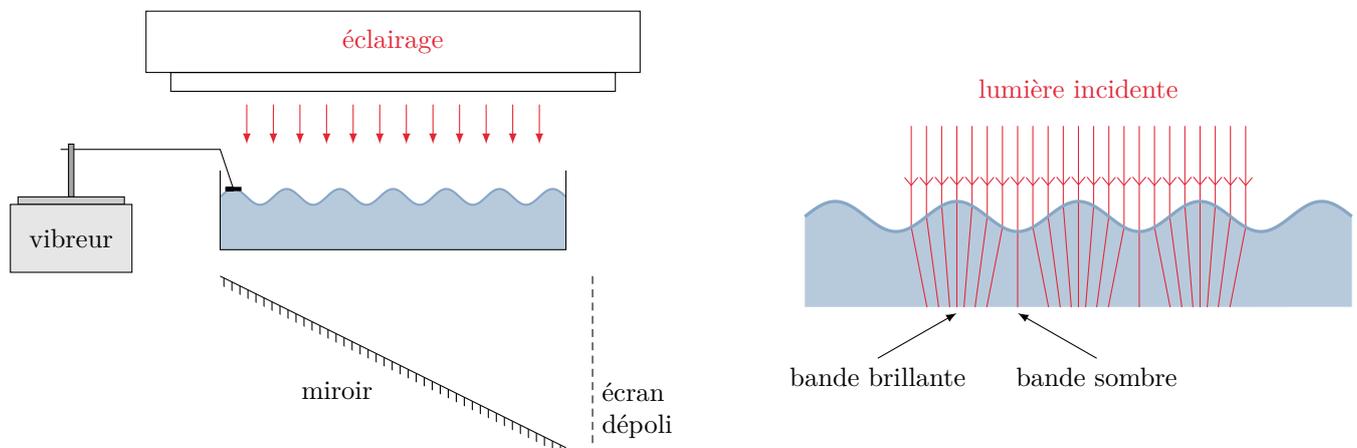


Figure 2 – Schéma d’une cuve à ondes.

1. La lampe est stroboscopique, voir document 3, mais ce n’est pas ce qui nous intéresse ici.

Document 3 : Éclairage stroboscopique

Ce document est complété par l'animation Python mise en ligne, permettant de simuler au ralenti la corde de Melde vue par stroboscopie.

Un stroboscope est un dispositif fournissant un éclairage intermittent, composé de brefs flashes régulièrement espacés d'une période T_{strobos} , qui est la période du stroboscope. Lorsque la corde de Melde est éclairée par le stroboscope, tout se passe comme si on ne voyait plus une image continue mais seulement une succession d'images figées, prises aux instants $t_n = nT_{\text{strobos}}$ avec n entier. Si T_{strobos} est suffisamment petite, on a malgré une illusion de continuité de l'image, exactement comme à la télévision : cet effet s'appelle la **persistance rétinienne**.

- ▷ Si T_{strobos} est égale à un multiple mT de la période de vibration T de la corde, la corde est toujours à la même position à chaque flash et paraît donc immobile.
- ▷ Si T_{strobos} est légèrement différente de T , chaque point n'a que « un peu » bougé entre deux flashes, ce qui donne un mouvement ralenti.
- ▷ Si $T_{\text{strobos}} = mT + T/n$ avec m, n entiers (n pas trop grand pour que l'effet soit visible), la corde retrouve exactement la même position après n flashes, ce qui donne l'impression de voir n cordes immobiles.

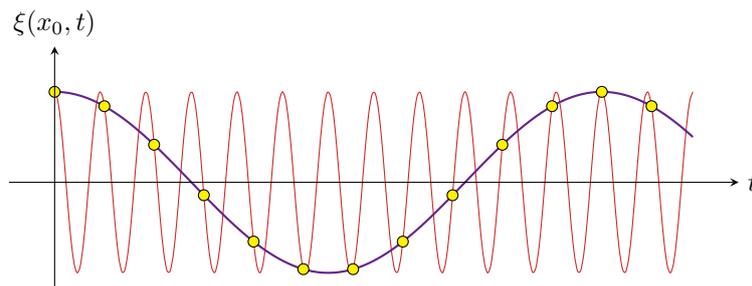


Figure 3 – Principe de l'éclairage stroboscopique. La courbe représente le chronogramme $\xi(x_0, t)$ en un point d'abscisse x_0 fixée. Le chronogramme réel est représenté en traits fins rouges. Chaque flash du stroboscope est symbolisé par un rond jaune, ce qui donne le mouvement apparent représenté en trait épais violet. Ce mouvement apparent est très ralenti par rapport au mouvement réel. Version couleur sur le site de la classe.

Document 4 : Allure d'une corde de Melde dans les premiers modes propres

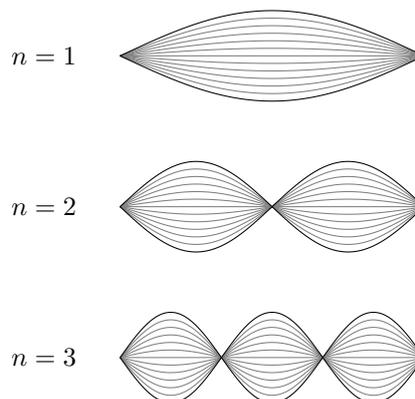
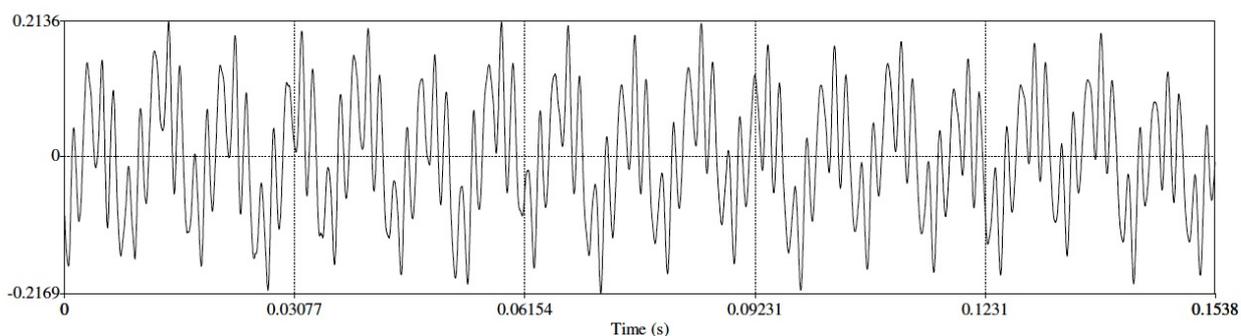
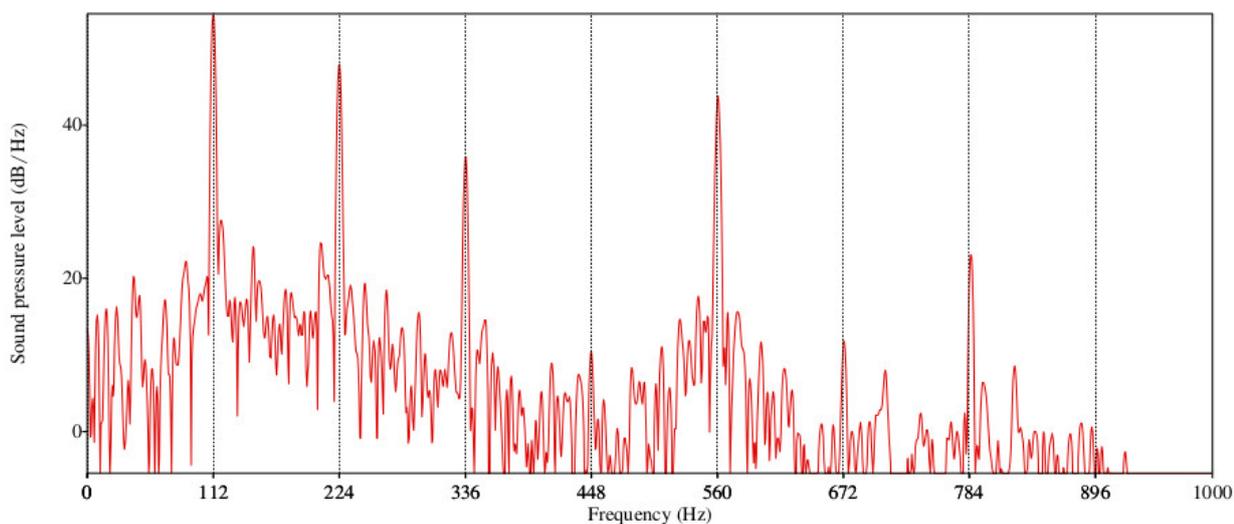


Figure 4 – Allure de la corde de Melde excitée dans ses modes propres 1 à 3.

Document 5 : Signal et spectre du son émis par la corde LA d'une guitare**Figure 5 – Signal sonore émis par la guitare.****Figure 6 – Spectre du son émis par la guitare.** On observe dans le spectre sonore des contributions importantes à chacune des fréquences propres de la corde, signe que tous les modes propres sont excités par la guitariste.

Ces figures sont extraites de l'article <http://images.math.cnrs.fr/Spectre.html>, dont je conseille la lecture pour une introduction culturelle à la diversité de la notion de spectre.