

Partie 2 : son et musique

Chapitre 1

Introduction

I Phénomène périodique

Un phénomène est dit périodique lorsqu'il se répète identique à lui-même à intervalles de temps égaux.

Exemples :

Phénomène périodique	Période (s)	Fréquence (Hz)
Arrivée du printemps chaque année		
Mouvement de la petite aiguille sur une pendule		
Mouvement de la trotteuse sur une montre		
Mouvement d'un moteur de voiture tournant à 1500 tours.min ⁻¹ (« tours par minute »)		
Signal sonore perçu par l'oreille écoutant un la3 (à 440 Hz)		
Signal lumineux reçu par l'œil recevant la lumière émise par une lampe à vapeur de sodium (longueur d'onde dans le vide $\lambda=589$ nm dans le vide)		

La plus petite durée correspondant à la répétition d'un phénomène périodique s'appelle la période T du phénomène et s'exprime un s dans le SI (système international).

Il est utile de calculer la fréquence f correspondante à un phénomène périodique qui, lorsqu'elle est exprimée en Hz, correspond au nombre

- Exemple : si la période vaut 0,5 s, on compte deux périodes en une seconde donc la fréquence vaut 2 Hz. Si la période vaut 0,25s, la fréquence serait de ?

Le lien entre période et fréquence, si T est en s et f est en Hz est donc :

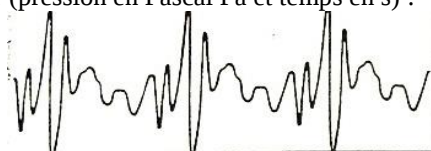
$$T = 1/f$$

- Donner la période et la fréquence des 6 phénomènes périodiques précédemment cités en posant votre calcul numérique dans les cases du tableau.

II Son

Un son en un point de l'espace correspond à une perturbation **périodique** de la pression atmosphérique en ce point, par opposition à un bruit (où la perturbation existe mais n'est pas périodique).

- Exemple : voici un graphique mesurant la pression en un lieu en fonction du temps. Positionner les axes, les orienter et les légèrer (pression en Pascal Pa et temps en s) :



S'agit-il d'un son ? Pourquoi ?

Ce genre de graphique (..... en fonction du) est appelé

Un son possède quatre caractéristiques :

Caractéristique du son	Correspondance pour le signal	Qualificatifs du son
<u>Hauteur</u>	Liée à la fréquence f ou période T du signal. (Faire figurer T sur le graphique précédent)	Plus f est élevée (faible), plus le son est dit <u>aigu</u> (<u>grave</u>).
<u>Intensité</u>	Liée à l'amplitude A du signal (faire figurer A sur le graphique précédent)	Plus l'amplitude A est grande (faible), plus le son est dit <u>fort</u> (<u>faible</u>)
<u>Durée</u>	Lié à la durée totale d du signal	Plus la durée est élevée (faible), plus le son est dit <u>long</u> (<u>bref</u>)
<u>Timbre</u>	Lié à la complexité du spectre du signal, plus exactement au <u>nombre d'harmoniques</u> du signal	Plus le nombre d'harmoniques est élevé (faible) et plus le son est dit <u>riche</u> (<u>pauvre</u>)

Notion de spectre d'un signal périodique :

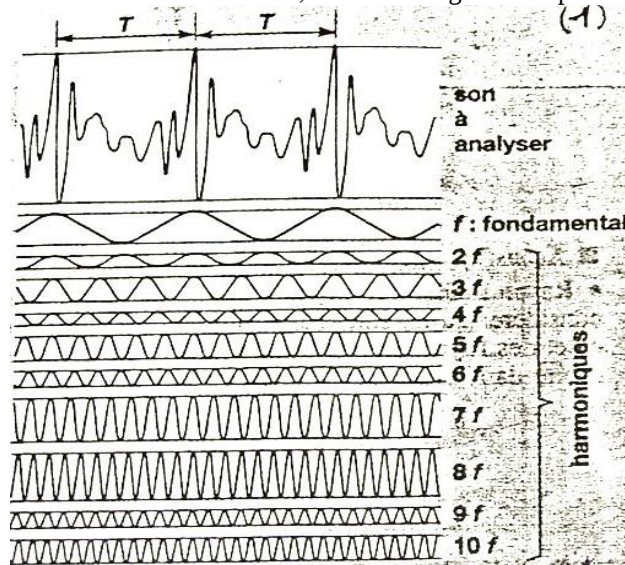
Tout signal périodique peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux (qui sont les signaux périodiques que l'on pourrait qualifier – dans un premier temps – de plus « réguliers » et qui mathématiquement, correspondent à des sinusoïdes) dont les fréquences, si la fréquence du signal est f , valent $f_1 = f$, $f_2 = 2*f$, $f_3 = 3*f$, $f_4 = 4*f$ etc. et dont les amplitudes que l'on peut noter A_1 , A_2 etc. sont calculable par des opérations mathématiques décrites par Fourier.

Le signal sinusoïdal correspondant à $f_1 = f$ et à A_1 s'appelle le fondamental ou 1^{er} harmonique.

Le signal sinusoïdal correspondant à $f_2 = 2*f$ et à A_2 s'appelle le 2^{ème} harmonique.

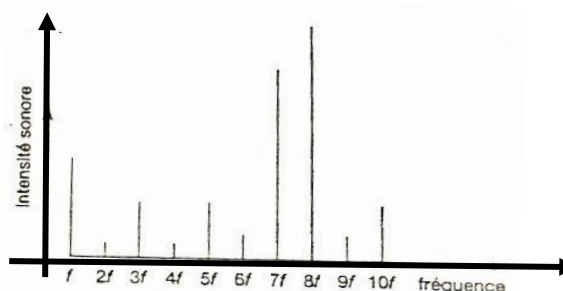
Le signal sinusoïdal correspondant à $f_3 = 3*f$ et à A_3 s'appelle le 3^{ème} harmonique etc.

Le son précédent peut être décomposé ainsi par l'analyse de Fourier : sous le signal périodique initial ont été figurés les différents signaux sinusoïdaux qui, en faisant toute leur somme, donnent le signal de départ :



- Compter le nombre de périodes du dernier signal sinusoïdal représenté et justifier que ce soit le 10^{ème} harmonique.
- Quel est l'harmonique qui possède toujours la plus grande période (ou la plus petite fréquence) ?
- Quel est l'harmonique qui possède la plus grande amplitude ici ?
- Quel est l'harmonique qui possède la plus petite amplitude ici ?

Pour réunir toutes ces informations, on fait figurer en abscisse les fréquences des différents harmoniques et en ordonnée les amplitudes de chacun d'eux. Ce nouveau graphique est appelé spectre du signal du départ, donc ici du son étudié.



- Le spectre ci-dessus est-il en adéquation avec vos réponses précédentes ?
- Combien d'harmoniques possède le son étudié ici ?
- Ce son est-il plutôt riche ou plutôt pauvre ?
- Quel serait le spectre d'un son le plus pauvre possible ? Combien y aurait-il d'harmonique(s) ? Et quelle forme aurait donc le signal correspondant ? (il s'agit par exemple du son de la majorité des portes du métro quand elles se referment).

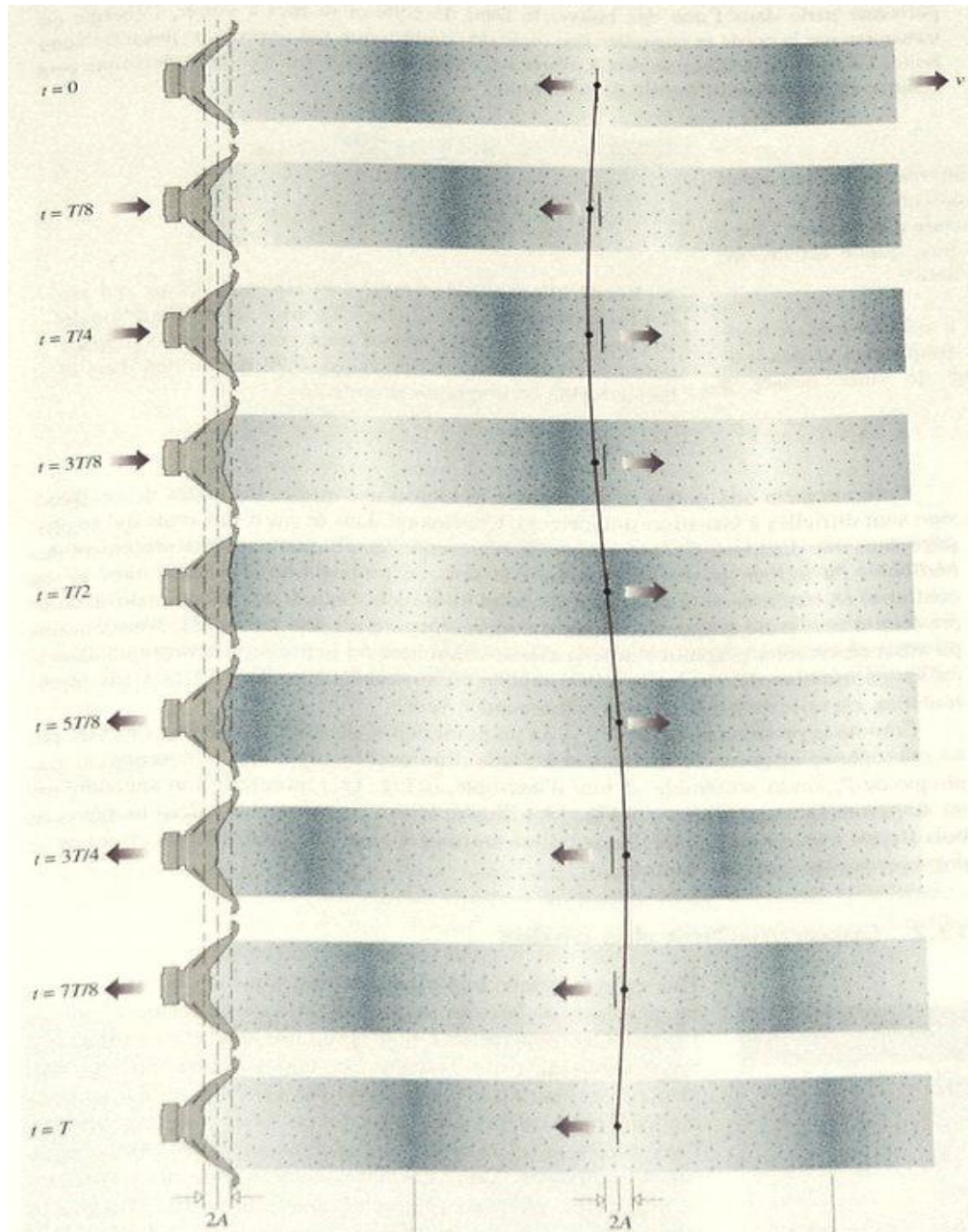
III Propagation du son

Le son se propage d'une source (ou émetteur) (haut-parleur, cordes vocales, instrument de musique) à un récepteur (oreille, microphone) en passant par le milieu de propagation.

Au niveau microscopique, ce sont les molécules du milieu qui vibrent en entraînant leurs voisines dans leur mouvement de vibration, de proche en proche, engendrant une onde qui se déplace dans l'espace. Cette onde nécessite donc un milieu matériel pour se propager.

Au niveau macroscopique, il y a propagation de zones de (légère) dépression-dilatation (concentration faible en molécules du milieu) et de zones de (légère) surpression-compression (concentration plus élevée en molécules du milieu) par rapport à la pression atmosphérique. L'onde sonore est donc une onde de pression

Ces zones de dépression et de surpression sont dues, à l'origine, au mouvement vibratoire périodique d'un vibreux au niveau de la source, et peuvent être pressenties en mettant un autre vibreur en mouvement au niveau du récepteur (tympan, membrane d'un microphone).



(Hecht, Physique, de Boeck)

- Sur le schéma ci-dessus, repasser en rouge la membrane du haut-parleur. Son mouvement est-il périodique ?
- Faire visualiser, par exemple à $t = T/8$, les zones de compression et les zones de dilatation à l'aide d'accolades.
- Faire visualiser une zone de dépression-dilatation qui se propage, au moyen d'accolades, sur les 9 dessins.
- Une des molécules d'air est visible en plus gros au centre des dessins. Le petit trait vertical correspond à sa position en l'absence de son, c'est-à-dire au repos. Décrire son mouvement (l'onde est dite longitudinale) :
- La distance séparant, par exemple, deux zones consécutives de surpression-compression est appelée longueur d'onde de l'onde. La faire figurer sur le dernier dessin