

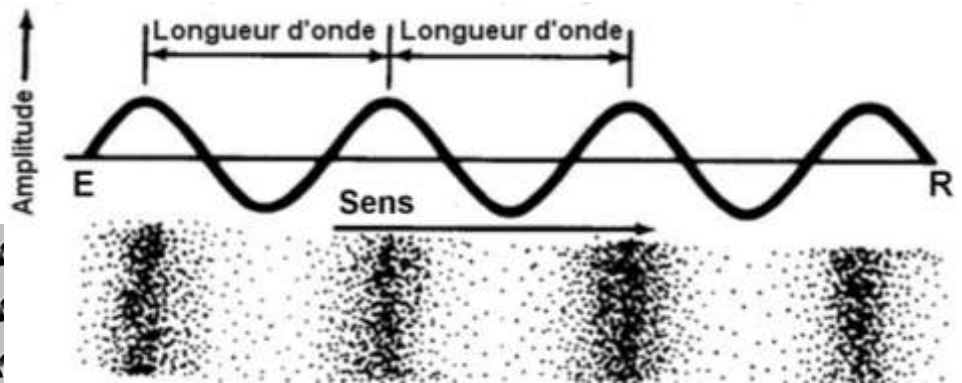
I – Du son simple au son complexe

Document 1 **Onde sonore**

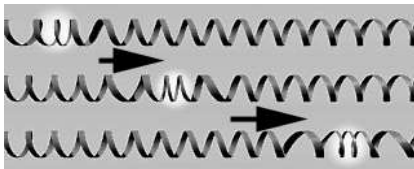
La vibration d'un émetteur sonore va provoquer celle des couches d'air à proximité. Il se crée un ensemble, associant une zone de **compression** de l'air et une zone de **dilatation**, qui va se déplacer de l'émetteur vers un récepteur, car elle se transmet de proche en proche.

Comme la déformation du milieu se fait dans la même direction que la propagation, l'onde est longitudinale et se produit sans transport de matière. En effet, les couches d'air reprennent leur place (position d'équilibre) une fois la perturbation passée.

Remarque : les ondes sonores nécessitent un **milieu matériel** pour se propager (solide, liquide, gaz). La bataille sur l'étoile noire (Star Wars) en silence ne donnerait pas le même effet, mais serait plus conforme à la réalité !



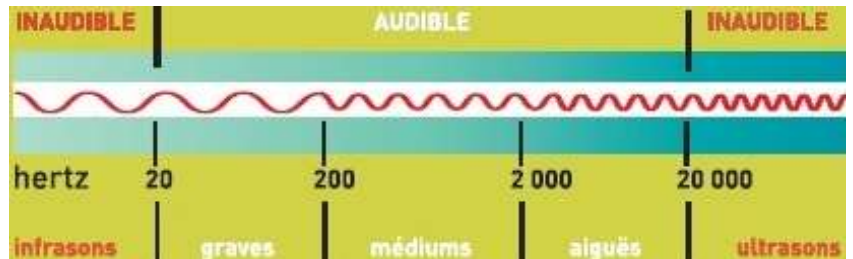
Simulation avec un ressort



La courbe sinusoïdale obtenue correspond à la variation de la pression de l'air par rapport à la pression atmosphérique lors de la perturbation.

Un son est défini par différentes caractéristiques qui lui sont propres : la **fréquence** (ou la hauteur), l'**intensité** (ou le volume sonore), le **timbre** (ou la spécificité du son). D'autres critères, extérieurs, sont à considérer comme sa vitesse de propagation liée au milieu dans lequel il se déplace.

Document 2 **Fréquences audibles par l'homme**



Document 3 **Visualisation d'un son**

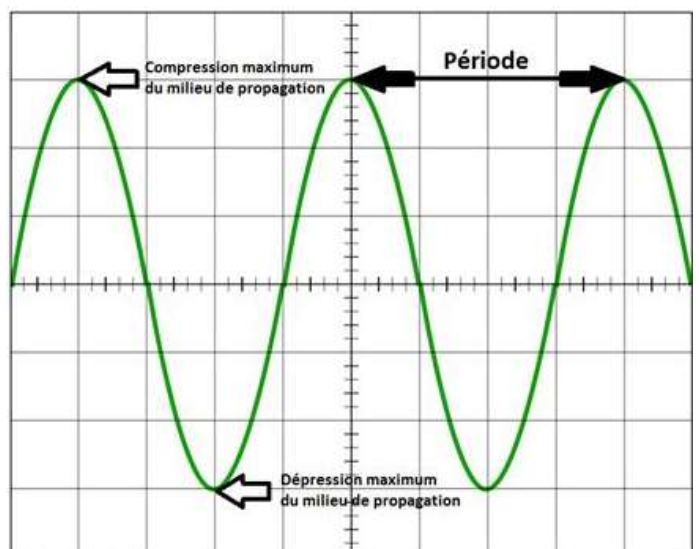
Un micro relié à un oscilloscope permet de transformer les vibrations sonores en signaux électriques et, ainsi, de pouvoir les observer à l'écran. Ici, le son visualisé est pur, cas très rare, car la plupart des sons sont complexes.

La **fréquence** f d'un son correspond au nombre de vibrations par seconde de la source sonore et s'exprime en hertz (Hz).

Elle est l'inverse de la **période** T en seconde (durée d'une vibration : $f = \frac{1}{T}$ ou $T = \frac{1}{f}$)

La période peut être déterminée sur l'enregistrement :

$$T = nb \text{ de divisions} \times (nb \text{ de s/div})$$



Document 4 Le niveau sonore

Le niveau sonore L , mesuré par un sonomètre et exprimé en décibels acoustiques (dB), est défini par la relation suivante :

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

I_0 : seuil d'audibilité de l'oreille humaine ($10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$)

I : est l'intensité sonore de la vibration acoustique (W.m^{-2})

Rq : si I devient $2I$, L augmente de 3 dB.

L'échelle de L est graduée de 0 à 140 dB environ

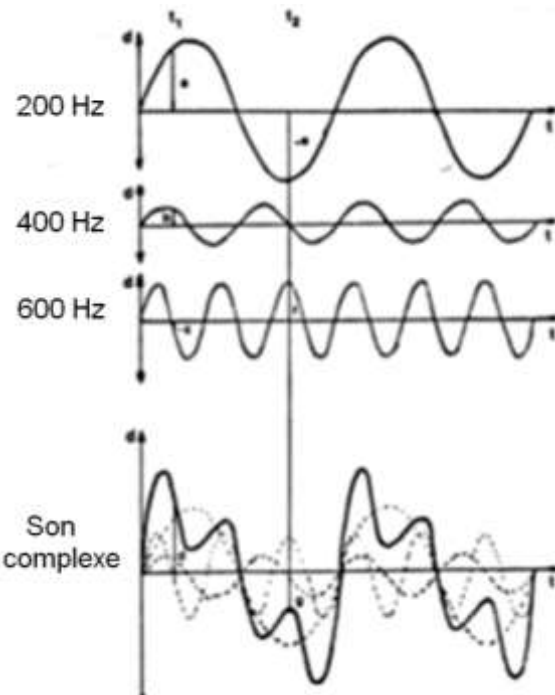
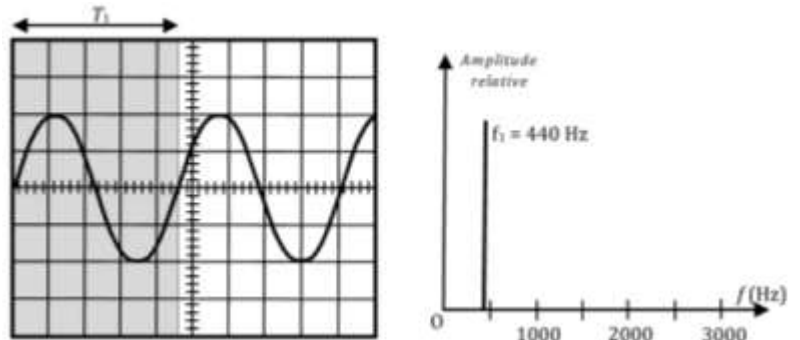
SENSATION MOYENNE	NIVEAU SONORE	TYPE D'AMBIANCE EXTERIEURE	CONVERSATION
Très bruyant	80 dB(A)	Autoroute, Périphérique, chantier,...	Difficile
Bruyant	70 dB(A)	Rue animée, Grand boulevard,...	En parlant fort
Bruit urbain modéré	60 dB(A)	Centre ville, Rue de distribution,...	
Relativement calme	50 dB(A)	Secteur résidentiel, Rue de desserte,...	A voix normale
Bruit de fond calme	40 dB(A)	Intérieur cour, campagne	
Très calme	30 dB(A)	Ambiance nocturne en milieu rural	A voix basse
Silence	20 dB(A)	Désert	

Document 5 Son pur ou complexe et spectre fréquentiel

L'intensité d'un son correspond à l'amplitude de l'onde sonore, sa hauteur à sa fréquence fondamentale. Plus la fréquence augmente, plus le son devient aigu.

Un diapason donne un **son pur ou simple**, constitué par une seule fréquence, sera visualisé :

- sur un oscilloscope, par une onde de période $T = 1/f$, de forme sinusoïdale ;
- sur un **spectre fréquentiel**, par un bâton à la fréquence f , dont la longueur est proportionnelle à l'amplitude.



En fait, les sons sont en général **complexes**. Leur forme est le résultat de l'addition d'une série de sinusoïdes dont toutes (sauf une) possèdent des périodes multiples de la fréquence la plus faible ou **fondamentale** (exception) et dont les amplitudes dépendent de l'émetteur.

Dans l'exemple ci-contre :

- les trois premiers enregistrements présentent la fréquence fondamentale f , puis deux **harmoniques**, $f_1 = 2f$ et $f_2 = 3f$, d'amplitudes différentes ;
- le dernier montre le résultat de la superposition des différentes fréquences (f , f_1 et f_2) correspondant au son **complexe**.

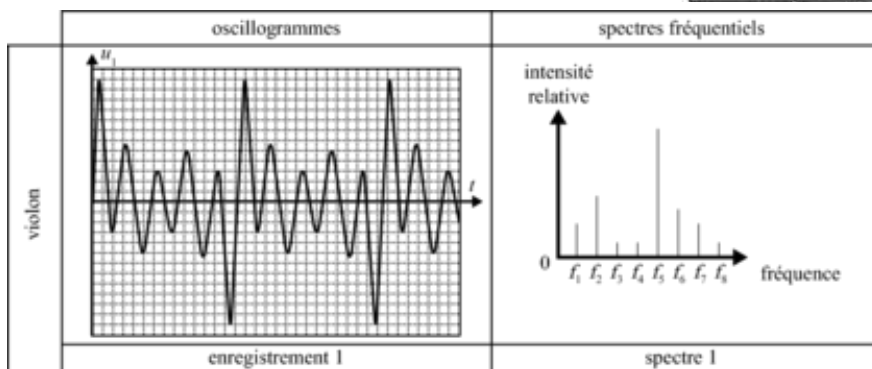
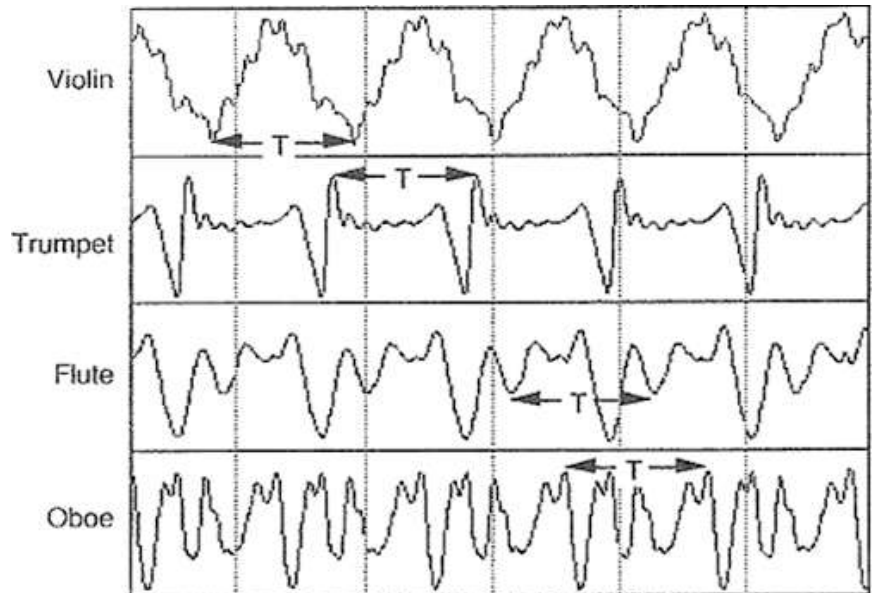
Exemple de chant pur : le bouvreuil pivoine

<https://www.youtube.com/watch?v=r0RCMpWUIVA>

Document 6 Le timbre d'un son

Deux sons de même **hauteur**, donc de même fréquence fondamentale, pourront être perçus différemment par l'oreille. En effet, vont intervenir leur intensité et les différents harmoniques qui les composent. Dans le cas de la voix ou des instruments, le résultat offre une sonorité spécifique que l'homme est capable d'identifier, le **timbre**.

Pour chacun des instruments ci-contre, la courbe reste périodique, mais n'est plus sinusoïdale.



L'analyse spectrale d'un son permet de visualiser sa fréquence fondamentale, ses harmoniques ainsi que leurs amplitudes respectives (longueur du bâton). Le timbre est donc caractérisé par ce spectre de fréquences.

Animation sur l'analyse d'un son musical

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/analyseur.php

Document 7 L'acoustique musicale

Elle s'intéresse :

- aux corps vibrants, émetteurs des sons, dans les instruments de musique et dans la voix humaine ;
- de l'acoustique, c'est-à-dire les propriétés physiques des ondes sonores qui se propagent dans l'air ;
- de la psycho acoustique, quand elle s'intéresse à la réception de ces sons

Par rapport aux voix, les sons musicaux utilisent une plus grande partie des fréquences audibles. Ils se différencient des bruits principalement par leur structure.

II - Analyse des documents et synthèse

1. Expliquer l'émission et la propagation d'une vibration sonore.
2. Expliquer pourquoi la vibration sonore prend la forme d'une onde de forme sinusoïdale dans le cas d'un son pur.
3. Citer les trois caractéristiques d'un son.
4. Donner la ou les différence(s) entre un son pur et un son complexe.
5. Expliquer précisément comment s'obtient la forme d'un son complexe.
6. Citer les intérêts d'un spectre fréquentiel.
7. Expliquer pourquoi le timbre est différent d'un instrument à un autre.

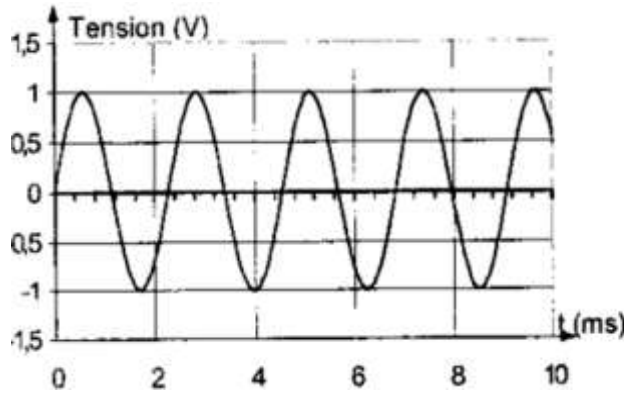
III – Exercice

Méloodie a été chargée d'enregistrer la prestation du groupe formé par quatre amis : un guitariste, un percussionniste, un flûtiste et une chanteuse. Le lendemain, elle étudie sur son ordinateur cet enregistrement à l'aide d'un logiciel d'acquisition et de traitement de signaux.

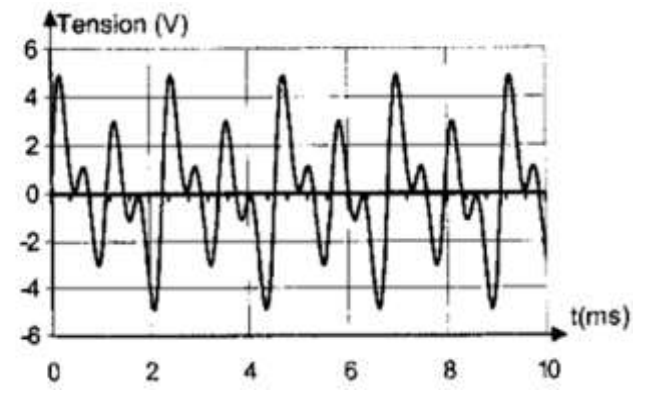
A. Guitare et diapason

1. Pour accorder son instrument, le guitariste a utilisé un diapason. L'analyse à l'ordinateur des sons correspondants donne des courbes d'évolution temporelle reproduites ci-dessous (documents 1 et 2) des deux émetteurs de son.

Document 1



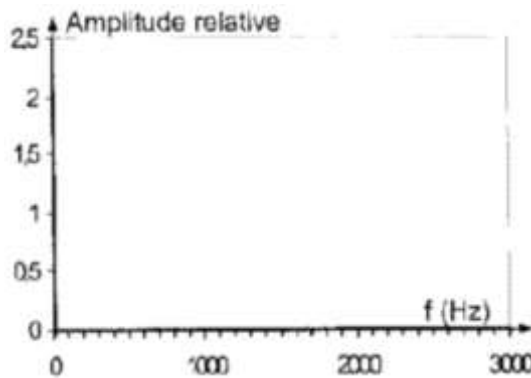
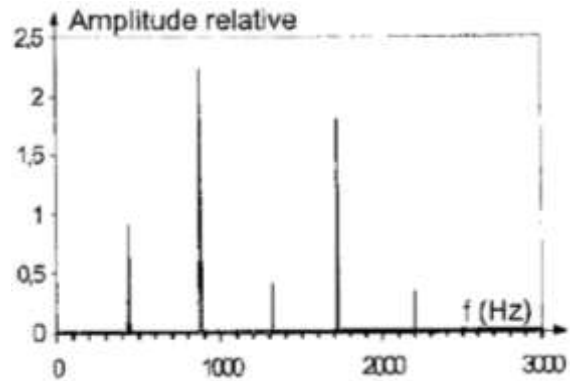
Document 2



- 1.1 Attribuer chaque courbe à son émetteur en justifiant.
- 1.2 Déterminer la fréquence fondamentale du son émis par le diapason et la guitare.
- 1.3. Comment se nomme la caractéristique du son associée à sa fréquence fondamentale ?

2. L'analyse spectrale du son de la guitare fournit le document ci-contre.

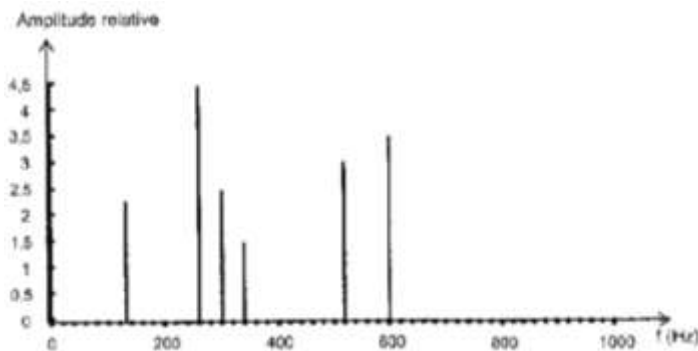
- 2.1 À quoi correspondent les différents pics ?
- 2.2 Quelle caractéristique du son associe-t-on à leur présence et à leur amplitude relative ?
- 2.3 Compléter, en justifiant, le spectre du diapason sur le document ci-dessous.



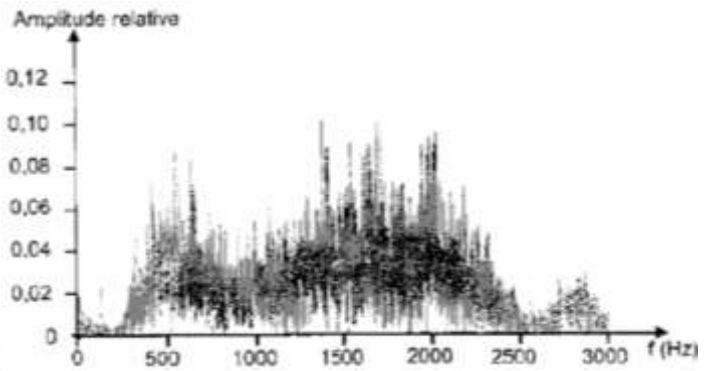
B. Cloche et fontaine

À l'entracte, Mélodie a continué son enregistrement captant ainsi le tintement d'une cloche puis l'écoulement de l'eau d'une fontaine. Les documents 3 et 4 ci-dessous représentent leur analyse spectrale respective.

Document 3



Document 4



Données

Note	Do 1	Ré 1	Mi 1	Fa 1	Sol 1	La 1	Si 1	Do 2
Fréquence (Hz)	65,4	73,4	82,4	87,3	98,0	110	123,5	130,8

1. Quelle note produit la cloche ?
2. Un son musical est caractérisé par la relation $f_n = n \times f_1$, liant fréquences harmoniques f_n et fréquence fondamentale f_1 . Cette relation s'applique-t-elle à la cloche ? Justifier.
3. Commenter l'allure du spectre de la fontaine. Peut-on, notamment, y déterminer la fréquence fondamentale ?
4. Justifier que, pour un physicien, ces deux phénomènes sonores ne sont pas des sons musicaux mais des bruits.

C. Intensité acoustique et niveau sonore

Entre le niveau sonore L et l'intensité acoustique I d'un son existent la relation suivante :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ étant l'intensité acoustique de référence correspondant au seuil d'audibilité à une fréquence de 1000 Hz.

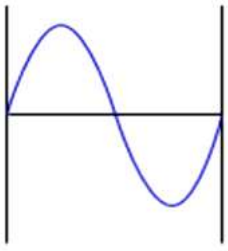
Lors du concert, un sonomètre placé à 5 m de chacun des participants enregistré de façon isolée indique les niveaux sonores présentés dans le tableau ci-dessous.

	guitare	percussion	flûte	chant
Niveau sonore (dB)	62	65	61	64
Intensité acoustique I (10^{-6} W.m^{-2})		3,2	1,3	2,5

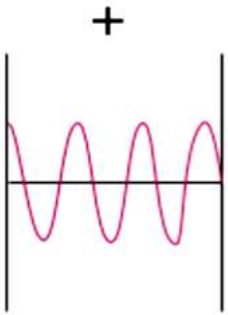
1. Compléter la case vide du tableau en précisant le calcul effectué.
2. Choisir, en justifiant, la bonne réponse sur le niveau sonore total L_{total} parmi les valeurs : 63, 65, 69 ou 252 dB.

Documents supplémentaires

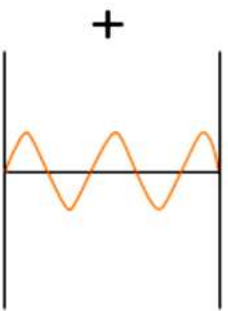
Superposition de la fréquence fondamentale des ondes et des fréquences des harmoniques



vibration fondamentale de fréquence $f_1 = 50$ Hz

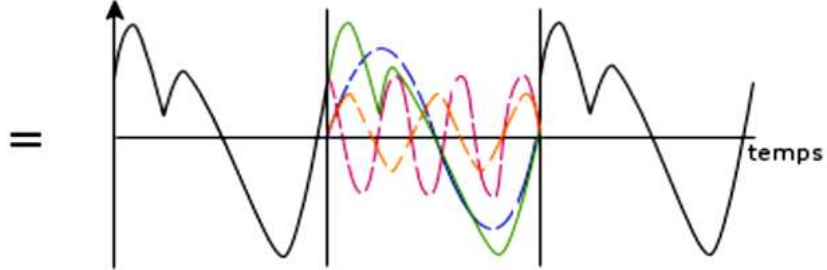


+



+

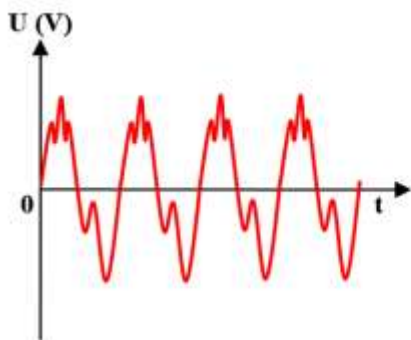
amplitude



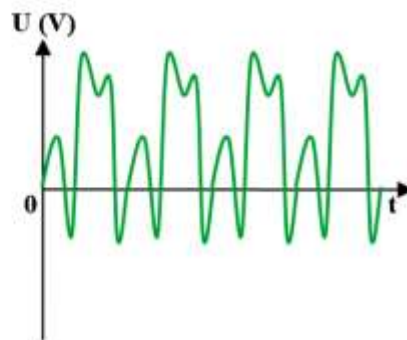
son complexe qui résulte de la superposition de plusieurs vibrations pures

vibrations harmoniques de fréquence $f_2 = 100$ Hz et $f_4 = 200$ Hz

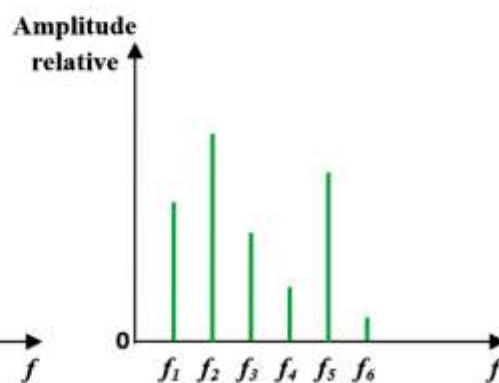
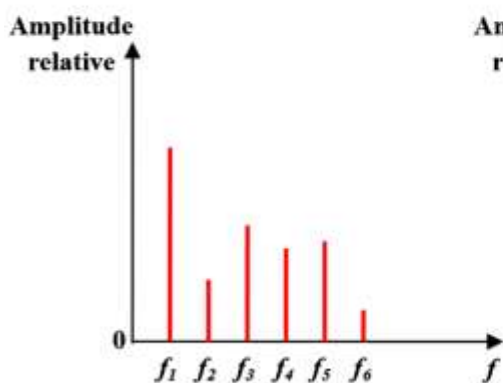
Instruments et analyses spectrales



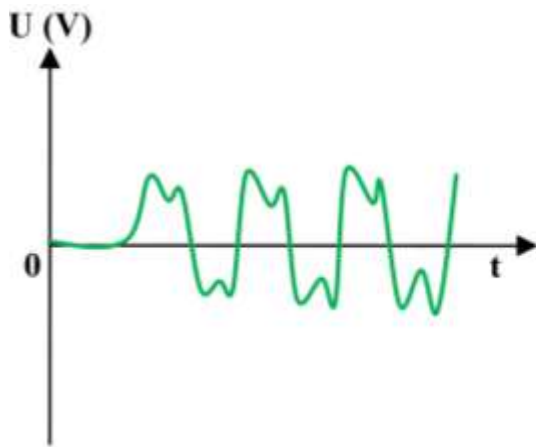
Instrument A



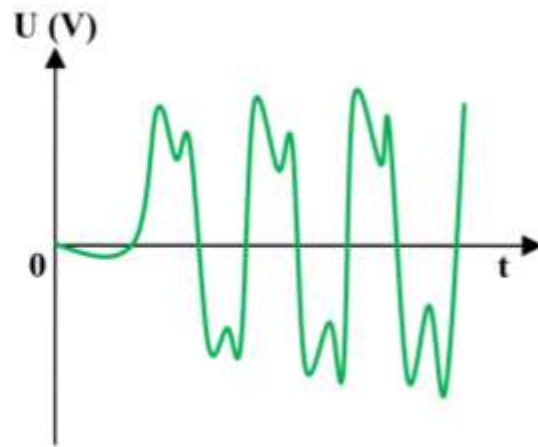
Instrument B



Son fort et son faible



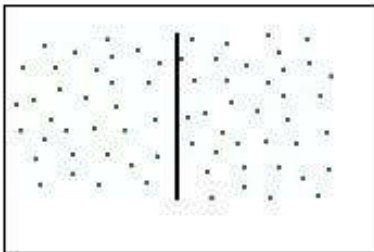
Son faible



Son fort

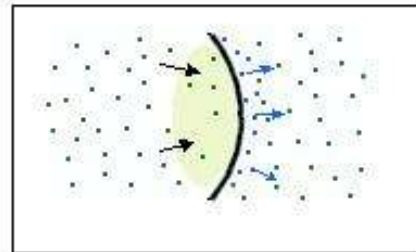
Création d'un son par une membrane

1. Membrane au repos



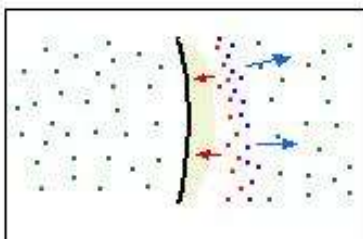
On représente ici une membrane au repos et les particules de l'air qui l'entourent.

2. Mise en mouvement de la membrane



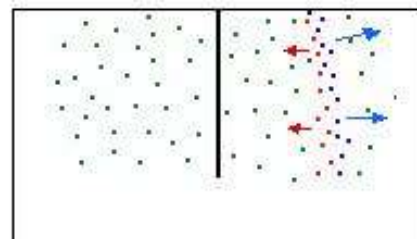
La mise en mouvement crée une zone de dépression à l'arrière de la membrane. Ainsi qu'une zone de pression à l'avant. Les particules proches de la membrane sont projetés par celle-ci.

3. Déplacement de la zone de pression



Les particules projetées par la membrane s'entrechoquent avec les particules voisines. La zone de pression se déplace. Après le « choc » les particules reprennent leur position initiale.

4. Propagation du mouvement



La zone de pression est transmise par un mouvement de heurt entre les particules. L'onde se propage tri-dimensionnellement dans l'espace.