

#### 4/ Son complexe : (voir signal 3)

Un son complexe est une **onde sonore mécanique, élastique, progressive, longitudinale.**

Un son complexe est une onde :

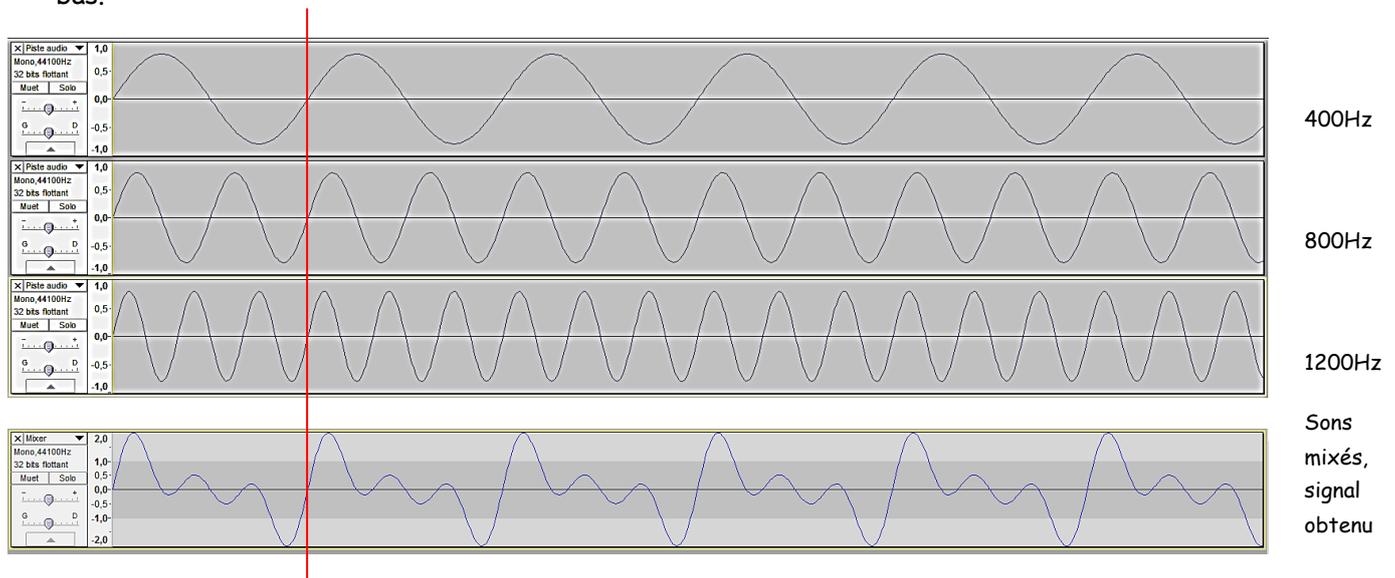
- **périodique** car le signal se répète identique à lui-même au cours du temps
- **variable** car la valeur de la tension mesurée par le micro au cours du temps change
- **alternative** car la valeur de la tension mesurée par le micro change de signe au cours du temps.
- **non sinusoïdale.**

Etude d'un son complexe :

Ci-dessous ont été enregistrés sur Audacity un son pur émis à 400Hz, un autre émis à 800Hz et un troisième émis à 1200Hz.

Sur audacity, aller sur « générer » un son (« tone »), sélectionner sinusoïdale, la valeur de la fréquence et l'amplitude, puis aller sur « pistes » « ajouter une nouvelle » « monotrack ») et ainsi de suite pour chaque fréquence.

Les trois sons sont mixés (sur Audacity, aller sur « pistes » « mixage et rendu »), on obtient la courbe de bas.



Constatations : le signal obtenu est un signal périodique, de même période que le signal de 400Hz mais il n'est pas sinusoïdal. Il a donc la même fréquence que le signal de 400Hz.

Son amplitude est différente des sons purs.

Écoutons le son pur de 400Hz et le son complexe obtenu en diminuant l'amplitude du signal obtenu après mixage de façon à avoir à peu près le même niveau sonore.

Que constatez-vous ? .....

Faisons une analyse spectrale de chaque signal.

Le but est de trouver rapidement grâce au logiciel audacity les fréquences de chaque son. (après avoir généré le son, aller sur analyse, tracer le spectre taille 2048 minimum, axis fréquence logarithmique pour avoir un beau spectre)

On observe des pics. L'abscisse indique la fréquence. L'ordonnée indique le niveau d'intensité sonore.

Pour les signaux purs, il n'apparaît qu'un seul pic, à 400Hz pour le son pur à 400Hz, à 800Hz pour le son pur à 800Hz et à 1200Hz pour le son pur à 1200Hz.

Par contre, pour le son complexe, mélange des trois sons purs précédents, on observe trois pics. En déplaçant le curseur, on lit les trois abscisses des pics, une à 400Hz, une à 800Hz et une à 1200Hz.

A retenir :

- On appelle **fondamental**  $f_0$  la fréquence du son pur qui correspond à la fréquence du son complexe.
- On appelle **harmoniques**  $f_1, f_2, f_3, \text{etc...}$ , les fréquences multiples de la fréquence du fondamental qui composent le son complexe.
- On appelle « **le timbre** » la richesse d'un son : c'est ce qui nous permet de différencier deux sons de même hauteur (donc de même fréquence fondamentale) émis par deux instruments différents mais qui n'ont pas les mêmes harmoniques. La forme des signaux visualisés sur un écran est donc différente.

Rem : les instruments de musique tels la guitare, le piano, le violon possèdent une cavité résonante qui favorise certains harmoniques et en supprime d'autres. De ce fait, pour un son complexe de fréquence  $f_0$ , tous les harmoniques ne sont pas obligatoirement présents dans l'analyse spectrale. Il arrive même que le fondamental soit absent.

Application :

Film « c'est pas sorcier : les orgues » vers 17 min

Film « c'est pas sorcier : accordons nos violons » vers 7 min

De quoi dépend le timbre ?.....  
 .....

Le timbre de la voix dépend du nombre d'harmoniques :

Plus de 14 : voix stridente

Moins de 9 : voix sourde

Les voix lyriques renforcent les harmoniques

Tableau de correspondance entre fréquence et note en musique :

| NOTES                 | octave  | -1      | 0       | 1       | 2      | 3      | 4        | 5          | 6        | 7        | 8         | 9         |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|----------|------------|----------|----------|-----------|-----------|
| Do                    | C       | 16.3 Hz | 32.7 Hz | 65 Hz   | 131 Hz | 262 Hz | 523 Hz   | 1 046.5 Hz | 2 093 Hz | 4 186 Hz | 8 372 Hz  | 16 744 Hz |
| Do diese ou Re bemol  | C# / Db | 17.3 Hz | 34.6 Hz | 69 Hz   | 139 Hz | 277 Hz | 554 Hz   | 1 109 Hz   | 2 217 Hz | 4 435 Hz | 8 870 Hz  | 17 740 Hz |
| Re                    | D       | 18.3 Hz | 36.7 Hz | 74 Hz   | 147 Hz | 294 Hz | 587 Hz   | 1 175 Hz   | 2 349 Hz | 4 698 Hz | 9 396 Hz  | 18 792 Hz |
| Re diese ou Mi bemol  | D# / Eb | 19.4 Hz | 38.9 Hz | 78 Hz   | 156 Hz | 311 Hz | 622 Hz   | 1 244.5 Hz | 2 489 Hz | 4 978 Hz | 9 956 Hz  | 19 912 Hz |
| Mi                    | E       | 20.5 Hz | 41.2 Hz | 83 Hz   | 166 Hz | 330 Hz | 659 Hz   | 1 318.5 Hz | 2 637 Hz | 5 274 Hz | 10 548 Hz | 21 098 Hz |
| Fa                    | F       | 21.8 Hz | 43.6 Hz | 87 Hz   | 175 Hz | 349 Hz | 698.5 Hz | 1 397 Hz   | 2 794 Hz | 5 588 Hz | 11 176 Hz |           |
| Fa diese ou Sol bemol | F# / Gb | 23.1 Hz | 46.2 Hz | 92.5 Hz | 185 Hz | 370 Hz | 740 Hz   | 1 480 Hz   | 2 960 Hz | 5 920 Hz | 11 840 Hz |           |
| Sol                   | G       | 24.5 Hz | 49.0 Hz | 98 Hz   | 196 Hz | 392 Hz | 784 Hz   | 1 568 Hz   | 3 136 Hz | 6 272 Hz | 12 544 Hz |           |
| Sol diese ou La bemol | G# / Bb | 26.0 Hz | 51.9 Hz | 104 Hz  | 208 Hz | 415 Hz | 831 Hz   | 1 661 Hz   | 3 322 Hz | 6 645 Hz | 13 290 Hz |           |
| La                    | A       | 27.5 Hz | 55.0 Hz | 110 Hz  | 220 Hz | 440 Hz | 880 Hz   | 1 760 Hz   | 3 520 Hz | 7 040 Hz | 14 080 Hz |           |
| La diese ou Si bemol  | A# / Bb | 29.1 Hz | 58.0 Hz | 117 Hz  | 233 Hz | 466 Hz | 932 Hz   | 1 865 Hz   | 3 729 Hz | 7 458 Hz | 14 918 Hz |           |
| Si                    | B       | 30.8 Hz | 62.0 Hz | 123 Hz  | 247 Hz | 494 Hz | 988 Hz   | 1 975 Hz   | 3 951 Hz | 7 902 Hz | 15 804 Hz |           |

On passe d'une octave à une autre en multipliant les fréquences des notes par 2.

Les pays anglo-saxons ayant conservé la notation de la gamme par des lettres, la correspondance, de nos jours, s'établit de la façon ainsi :

do ré mi fa sol la si  
 C D E F G A B

Gamme d'octaves pour les chanteurs lyriques :

Les voix sont classées en différentes tessitures qui peuvent se chevaucher :

- ▶ Basse (du mi1 au fa3)
- ▶ Ténor (du do2 au do4)
- ▶ Alto (du fa2 au sol4)
- ▶ Soprano (du do3 au do5).

## **5/ Le bruit : (voir signal 1)**

Un bruit ne possède pas de fréquence précise. La forme de l'onde du son correspondant n'est donc pas périodique. Un bruit est la superposition d'ondes de fréquences sans rapport entre elles.

## VII/ Etude du niveau d'intensité sonore :

Le son est une **énergie acoustique** produite par la vibration d'un objet.

### 1/ Intensité sonore :

L'intensité acoustique (ou sonore) caractérise l'intensité du signal reçu par l'oreille.  
Elle est définie comme la puissance sonore reçue par unité de surface du récepteur.  
Elle s'exprime en Watt par mètre carré, de symbole  $W/m^2$ .

Le seuil d'audibilité correspond à une intensité sonore de  $10^{-12} W/m^2$

Le seuil de douleur correspond à une intensité sonore de  $25 W/m^2$

Pour un même récepteur, elle est fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

Quand plusieurs instruments jouent ensemble lors d'un concert, les intensités acoustiques dues à chaque instrument s'ajoutent.

### 2/ Niveau d'intensité acoustique :

La sensation auditive de l'oreille n'est pas proportionnelle à l'intensité acoustique, on a donc défini une grandeur liée à la sensation auditive : c'est le **niveau d'intensité acoustique** (ou sonore) pris par rapport au seuil d'audibilité.

Le niveau d'intensité acoustique s'exprime en décibel, de symbole dB.

Le niveau d'intensité acoustique est mesuré grâce à un sonomètre.

Quand plusieurs instruments jouent ensemble lors d'un concert, leurs niveaux sonores ne s'additionnent pas (voir « c'est pas sorcier le son en concert » entre 6 et 7 min) :

De combien le niveau sonore augmente-t-il quand on double le nombre de sources émettrices de son ?

### Echelle de bruit

#### *Sans danger pour l'audition :*

0 dB Seuil d'audition  
15 dB Bruissement de feuilles  
20 dB Chuchotement / Jardin paisible  
25 dB Conversation à voix basse  
30 dB Appartement dans un quartier tranquille  
35 dB Bateau à voile / Tic-tac de montre  
40 dB Rue résidentielle  
50 dB Bruit d'une voiture au ralenti  
60 dB Grands magasins / Sonnerie de téléphone  
70 dB Restaurant bruyant  
85 dB Radio volume à fond / Tondeuse à gazon

#### *Facteur de troubles auditifs :*

90 dB Rue au trafic intense  
95 dB Atelier de forgeage / Train passant en gare

#### *Pénible à entendre :*

100 dB Marteau piqueur / Baladeur à fond  
105 dB Discothèque / Concert

#### *Difficile à supporter :*

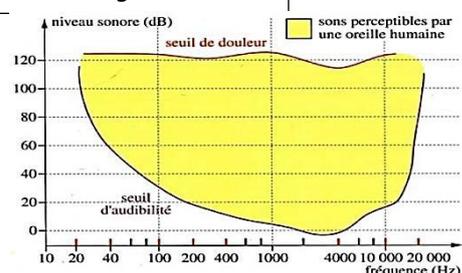
110 dB Atelier de chaudronnerie

#### *Seuil de la douleur :*

120 dB Moteur d'avion  
130 dB Décollage d'un avion / Formule 1

#### *Exige une protection auditive :*

140 dB Turbo réacteur au banc d'essai  
180 dB Fusée Ariane au décollage



### **La perception d'un son dépend donc à la fois :**

- de sa fréquence et
- de son niveau d'intensité acoustique.