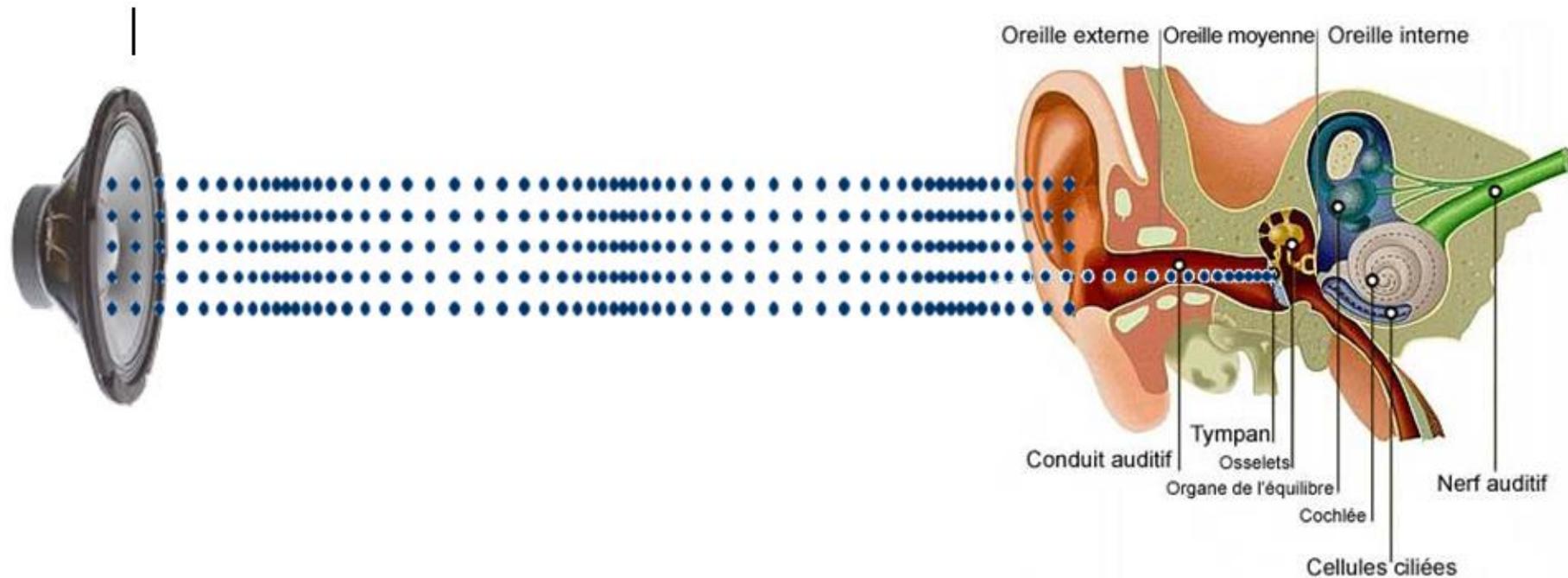


Les ondes sonores

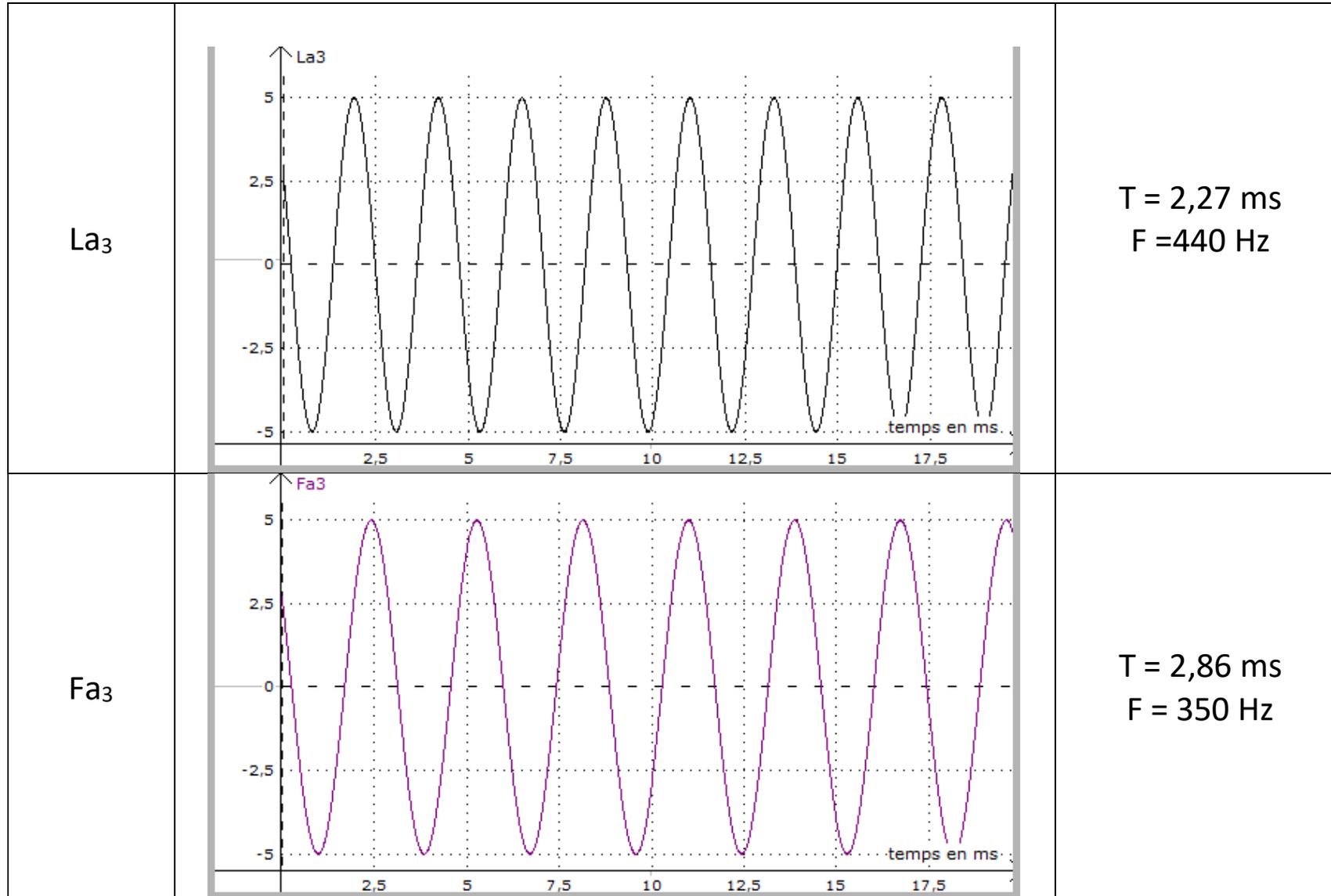
Une onde sonore est une onde mécanique longitudinale à 3 dimensions à laquelle l'oreille humaine est sensible : il correspond à la propagation d'une compression/dilatation de l'air

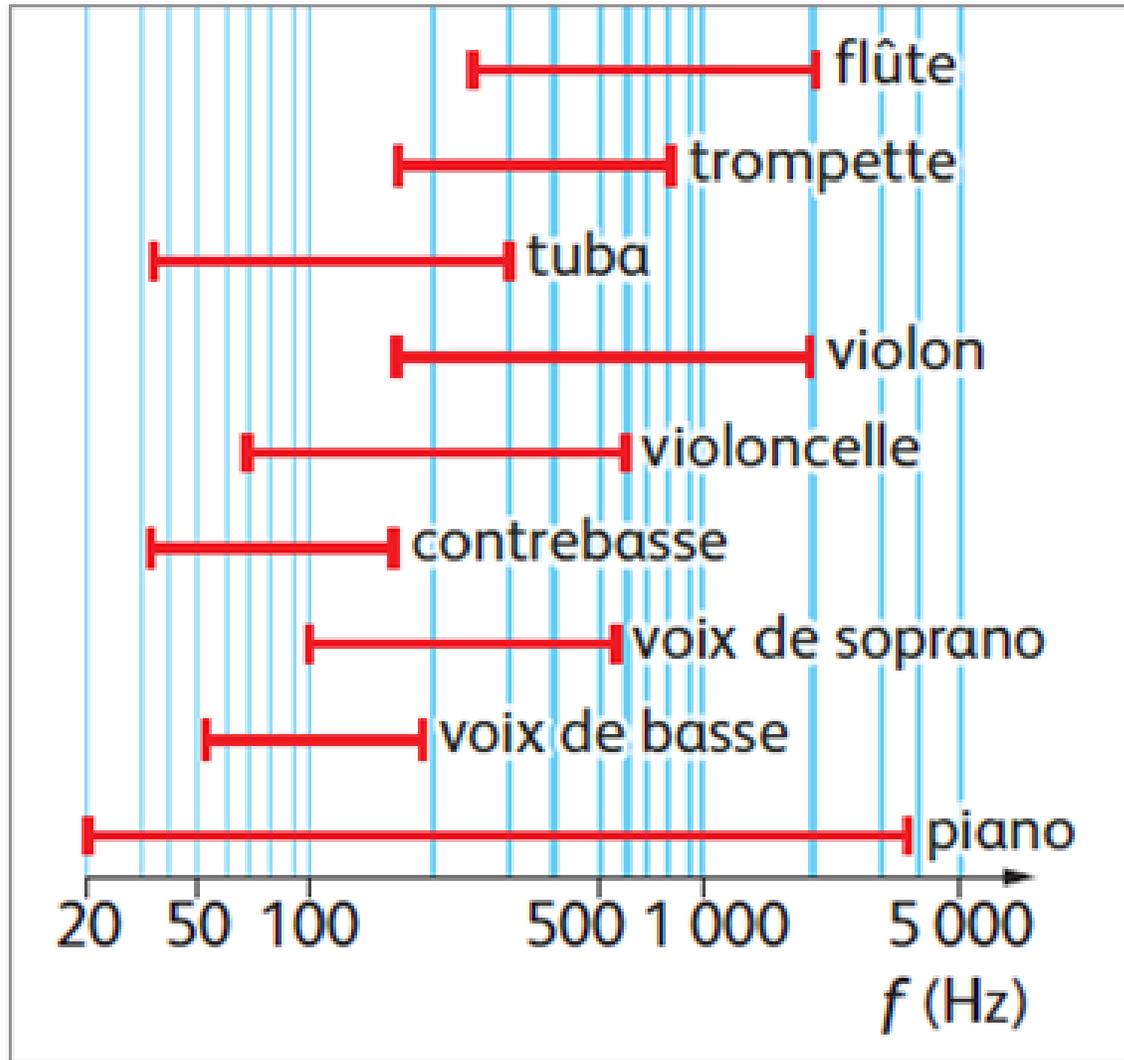


1. Hauteur d'un son

- Le domaine de fréquences des sons est $20\text{Hz} < f_{\text{son}} < 20\text{kHz}$
- La hauteur d'un son est liée à sa fréquence : plus la fréquence est élevée, plus le son paraît aigu

Comparaison de 2 notes produites par un diapason :





2. Intensité sonore et niveau d'intensité sonore :

- L'intensité sonore est liée à l'amplitude de la vibration sonore perçue. Elle dépend de la puissance transmise par l'onde sonore au récepteur :

$$I = \frac{P}{S}$$

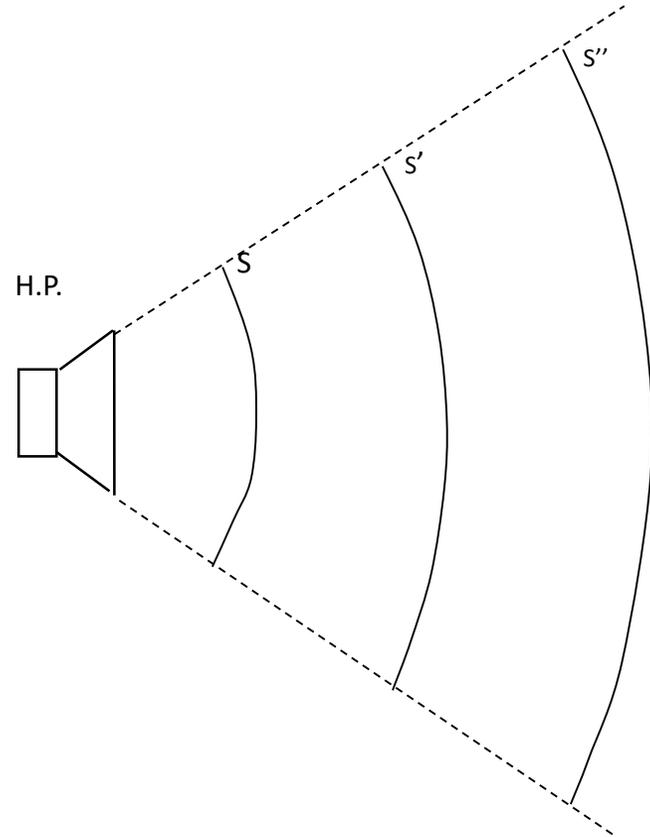
avec I (W.m^{-2}), P (puissance en Watt) et S (surface en m^2)

Exemple :

Un haut parleur émet un son dont la puissance acoustique est $P=10^{-6}\text{W}$. On suppose que le son se propage à la même vitesse dans toutes les directions de l'espace.

On donne la formule qui permet de calculer la surface d'une sphère : $S_{\text{sphère}}=4.\pi.R^2$ ou R est le rayon de la sphère.

Quelle est l'intensité acoustique à 1m de cette personne ? à 3m ?



Pour l'oreille humaine (pour un son $f = 1000 \text{ Hz}$)

- Le seuil d'audibilité est : $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$
- Le seuil de douleur est : $I = 1 \text{ W.m}^{-2}$

- Le niveau sonore noté L et exprimé en **décibels acoustiques** (dBA) est défini par :

$$L = 10 \times \log \frac{I}{I_0}$$

Aide mathématique à propos de la fonction log (logarithme décimal) :

- *Le logarithme décimal est la fonction réciproque de la fonction $f(x)=10^x$:*

pour $x > 0$, si $y = \log(x)$ alors $x = 10^y$

exemple : si $x = 1000=10^3$ alors $\log(x)=3$ (ou bien $\log(10^3)=3$)

- *Une propriété à connaître :*

$\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$

exemple : $\log(100) = \log(10 \times 10) = \log(10) + \log(10) = 1 + 1$

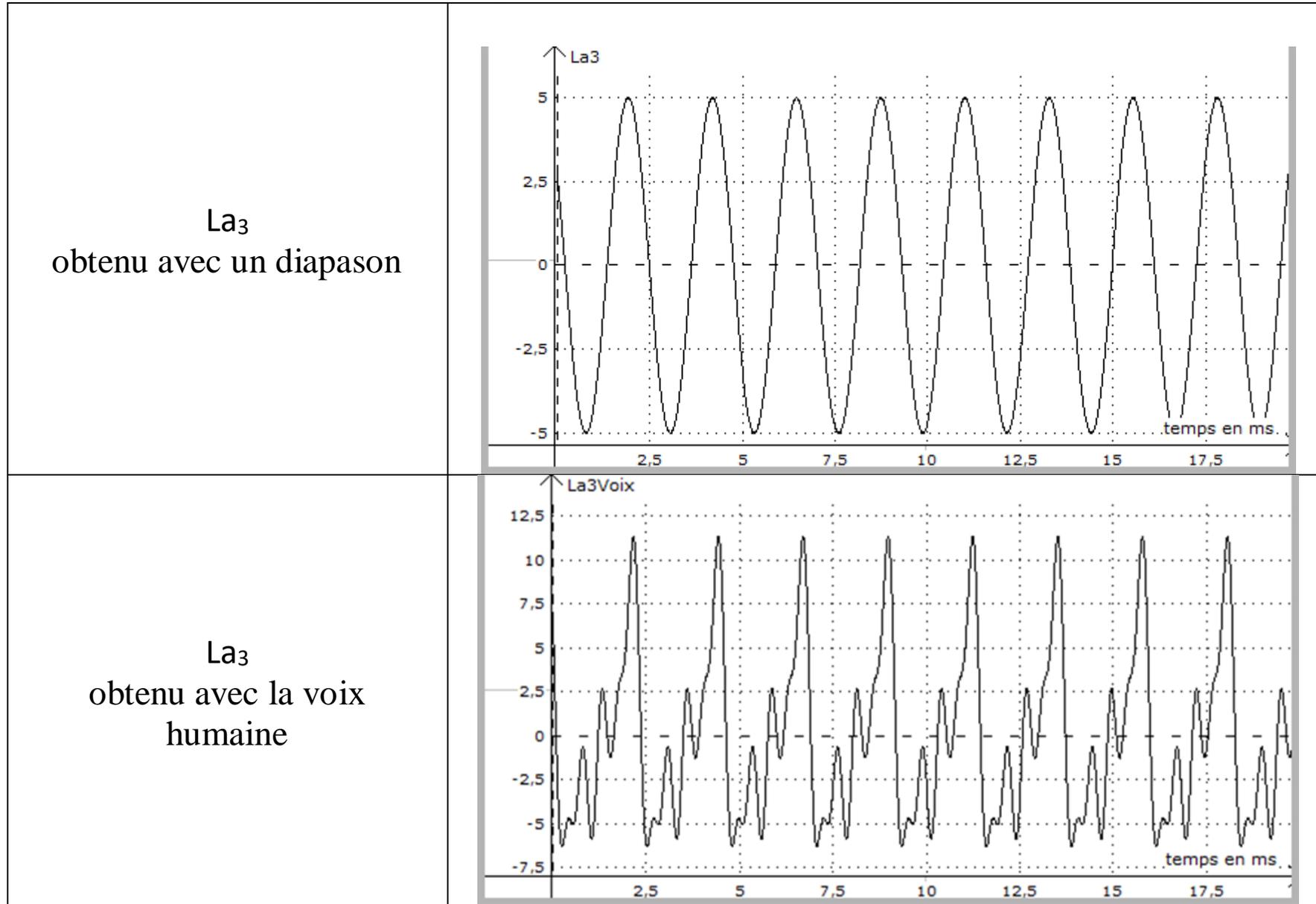
Conséquence : $\log(a^n) = n \cdot \log(a)$

- Calcul du niveau sonore pour une intensité acoustique I égale à I_0
- Même question pour une intensité acoustique égale au seuil de douleur.
- De combien augmente le niveau sonore lorsque l'intensité est multipliée par 10 ? par 100 ?
- Une choriste chante avec une intensité sonore $L_1=50\text{dBA}$. Combien de fois plus fort entend-on 100 choristes qui chantent ensemble ?

2. Timbre d'un son :

Le timbre est la sensation auditive liée à la forme du signal : deux sons de timbre différents donnent des sensations auditives différentes.

- Exemple : exemple de signaux correspondant à une même note (La_3) obtenus de 2 façons différentes



- Un son pur est le son produit par un diapason ; la forme du signal sonore est sinusoïdale

- Un son complexe périodique, de fréquence f peut être décomposé en une somme de sons purs sinusoïdaux appelés harmoniques dont les fréquences respectent la relation :

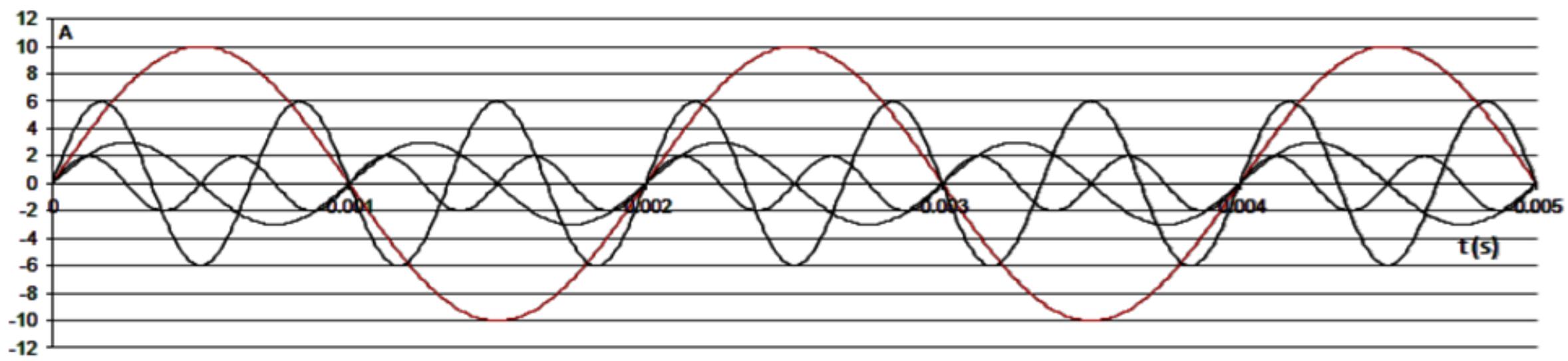
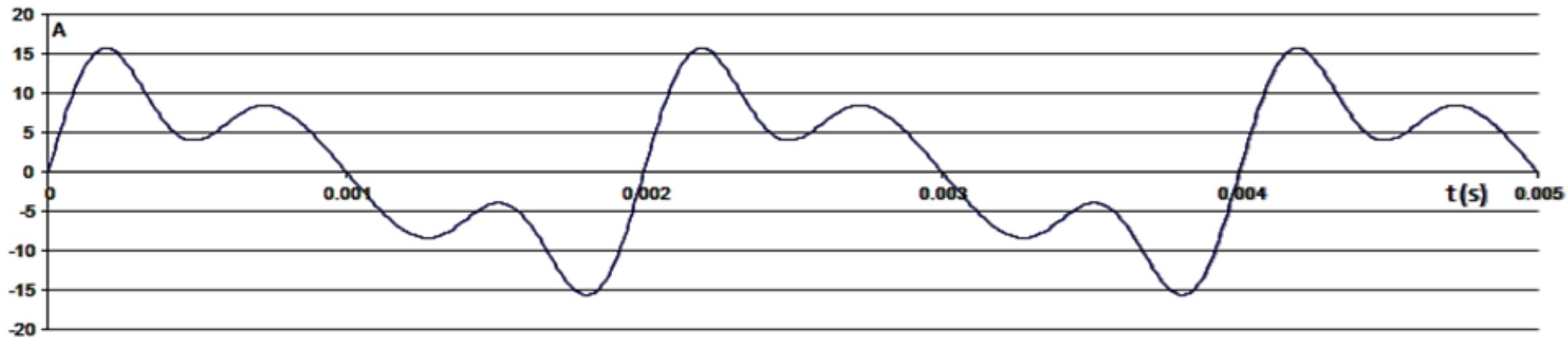
$$f_n = n \cdot f_1$$

où n est un nombre entier

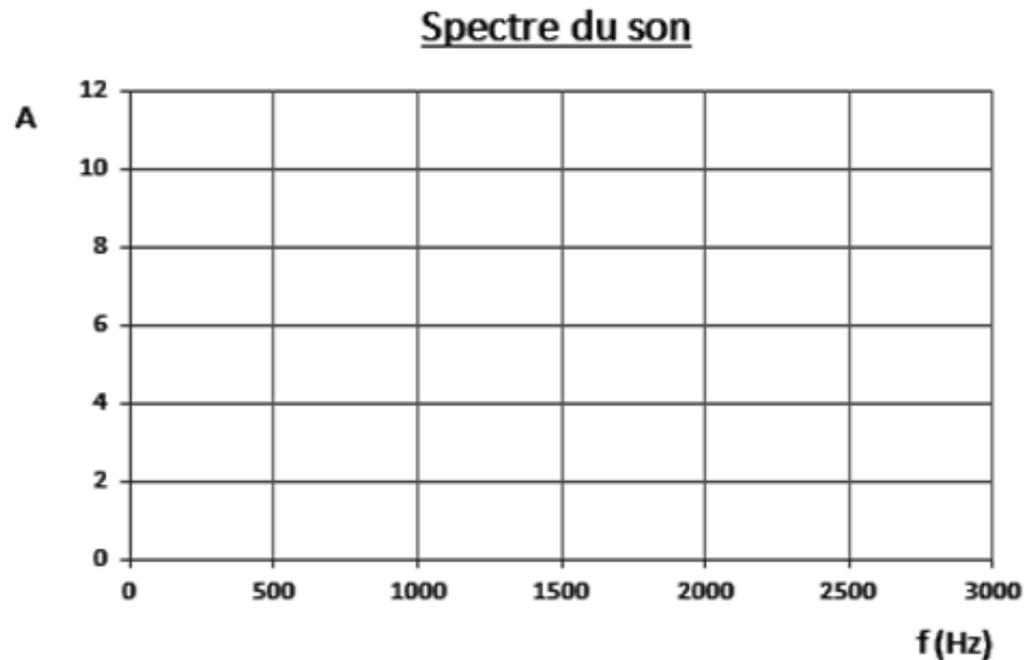
f_1 est la fréquence de l'harmonique fondamentale obtenue pour $n = 1$

La fréquence du son complexe est la même que celle de l'harmonique fondamentale

<https://meettechniek.info/additional/additive-synthesis.html>



Le spectre du son est la représentation graphique de l'amplitude de chaque harmonique :



Ce spectre est obtenu en faisant une analyse spectrale du son complexe (obtenu par analyse de Fourier du son complexe)