

Chapitre 2 : Le son

Nous entendons des sons : c'est-à-dire des vibrations, propagées dans l'air ou dans l'eau, qui stimulent notre oreille.

Dans la nature, tout ce qui vibre génère un son : les feuilles agitées par le vent, l'eau qui coule, les cordes d'un violon ou d'une guitare, les cordes vocales ...

I. QU'EST-CE QU'UN SON ?

Une onde sonore est une vibration des molécules autour de leur position d'équilibre (ou état de repos) qui se propage à la suite de la perturbation du milieu, le plus souvent l'air, mais qui peut aussi être solide ou liquide. Captée par notre oreille, cette vibration met en mouvement le tympan, point de départ de la stimulation de l'oreille et de la perception de l'information sonore.

Les sons et les bruits. Dans le langage usuel, ces deux termes sont souvent utilisés l'un pour l'autre. En général, on qualifie de bruits les vibrations sonores complexes qui ne sont ni de la musique, ni de la parole, ni des cris d'animaux.

Mais on parle de bruit de fond pour qualifier les sons de l'environnement, comme une conversation ou une musique en sourdine. On donne aussi au bruit une connotation de gêne qui peut être très subjective : la pluie qui tombe sur la baie vitrée est une mélodie pour certains, un bruit désagréable pour d'autres !

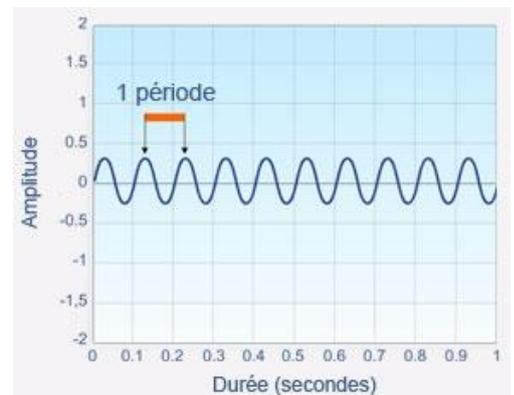
Enfin le bruit est souvent associé au caractère nocif des sons trop intenses : les sons musicaux deviennent bruits à forte intensité.

II. CARACTÉRISTIQUES D'UN SON : FRÉQUENCE, INTENSITÉ, DURÉE

1) Période

La période, notée T , est l'**intervalle de temps séparant deux états vibratoires identiques et successifs** d'un point du milieu dans lequel l'onde se propage.

Cette courbe représente les variations de pression acoustique d'une onde pour une durée d'une seconde. La période est l'intervalle de temps entre deux points successifs ayant la même amplitude : par exemple, sur le graphe entre le 3ème et le 4ème maximum la période est de 0,1 seconde.



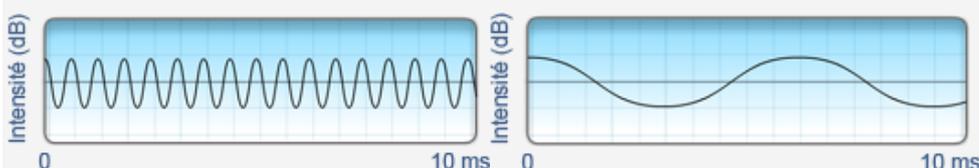
2) Fréquence

La fréquence est le **nombre de périodes par unité de temps** ce qui correspond à l'inverse de la période : $f = 1/T$
ou f est la fréquence en Hertz (Hz ou s^{-1}) et T la période en seconde (s).

La **fréquence** correspond au nombre de vibrations par seconde : s'il y en a peu on entend un son grave, s'il y en a davantage on entend un son aigu. On exprime la fréquence en Hertz (Hz).

Son aigu

Son grave



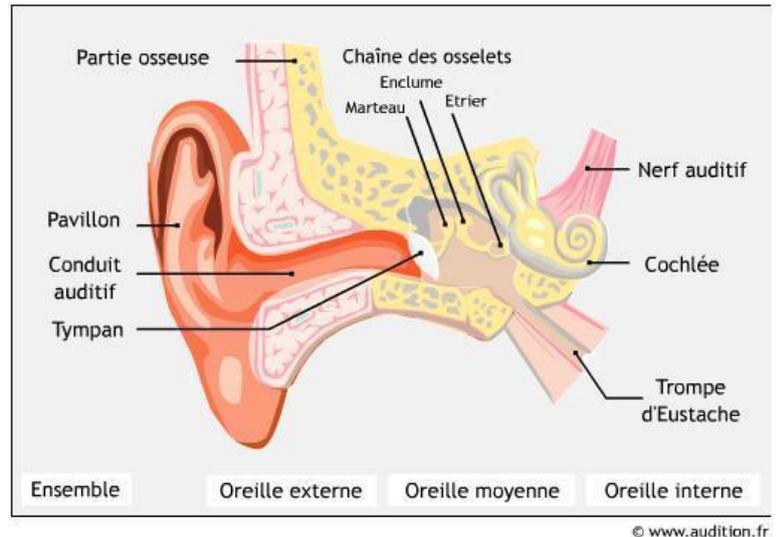
3) Intensité et durée

L'**intensité** dépend de l'amplitude de la vibration : plus elle est importante, plus le son est fort ; plus l'amplitude est faible, plus le son est faible. On l'exprime couramment en décibel (dB).
La **durée** dépend du temps pendant lequel le milieu est perturbé. L'unité utilisée est la seconde(s).

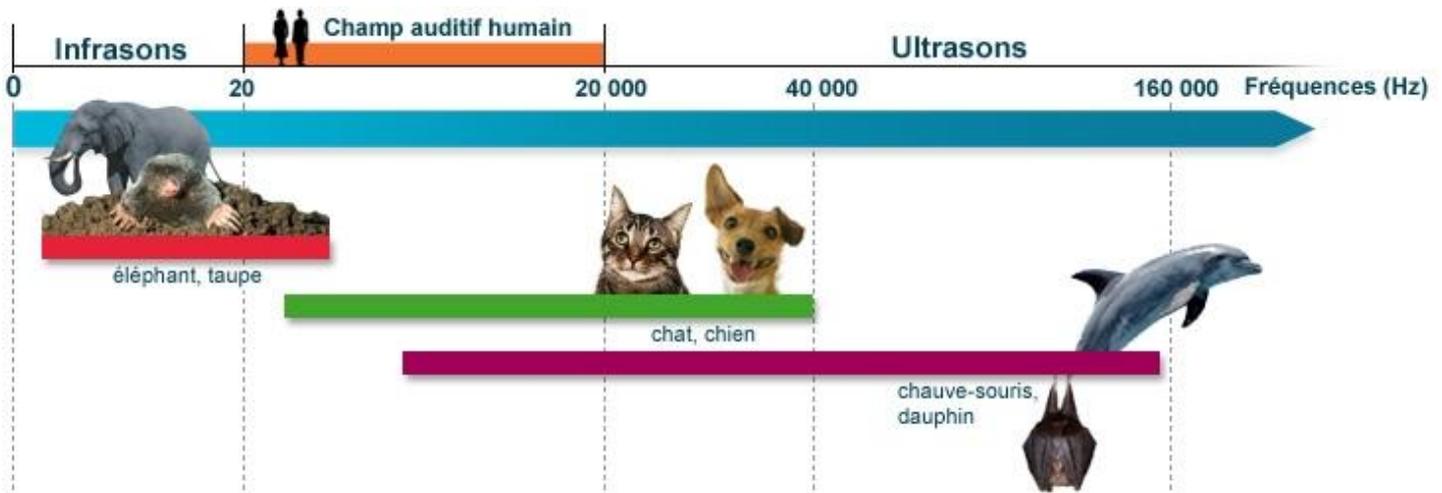
III. CHAMP AUDITIF HUMAIN

L'**oreille d'homme** est sensible à des fréquences et intensités différentes.

Notre oreille est sensible à une gamme spécifique de fréquences (sons graves et aigus) et d'intensités (sons faibles et forts) définissant le champ auditif humain. Toutes les vibrations acoustiques qui sortent de ces limites ne sont plus considérées comme "sons" pour notre oreille.



1) Fréquences perçues par l'oreille humaine et celle de quelques autres mammifères



L'oreille humaine entend des fréquences comprises entre 20 Hz (fréquence la plus grave) et 20 000 Hz (fréquence la plus aiguë).

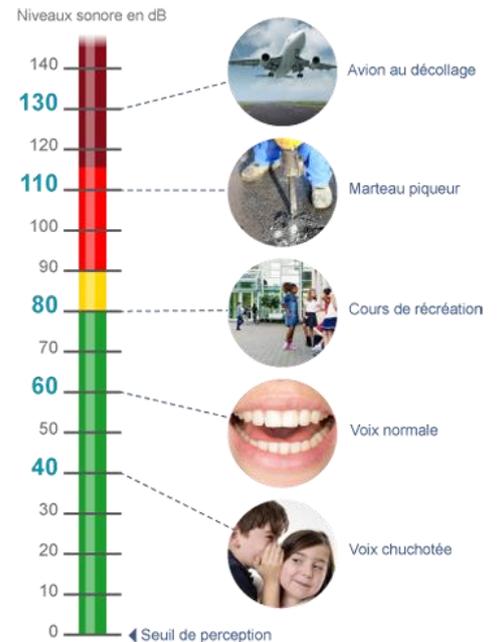
Par rapport à l'audition humaine, nous qualifions d'**infrasons** les sons dont la fréquence est inférieure à 20 Hz. Nous ne pouvons pas les entendre, mais certains animaux (la taupe ou l'éléphant par exemple) sont capables de les capter ; ils peuvent ainsi capter les prémices de tremblements de terre de quelques Hertz.

De même, nous qualifions d'**ultrasons**, les sons inaudibles pour nous et dont la fréquence est supérieure à 20 000 Hz.

Un chien ou un chat entendent jusqu'à 40 000 Hz et une chauve-souris ou un dauphin, jusqu'à 160 000 Hz

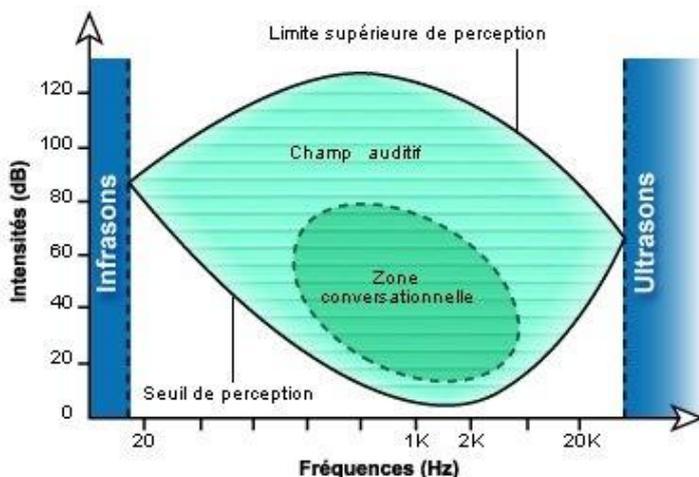
2) Intensités des sons perçus par l'oreille humaine

L'oreille humaine capte des niveaux d'intensité acoustique compris entre 0 et 120 dB. Pour qu'un son pur de fréquence 1000 Hz soit perceptible par l'oreille humaine, il faut qu'il soit au-dessus de 0 dB. A cette même fréquence, 120 dB est le niveau d'intensité acoustique le plus fort qui puisse être supporté par l'oreille humaine. Au-delà, les sons sont nocifs et peuvent détruire de manière irréversible les structures de l'oreille interne



3) Courbes d'audibilité humaine

Les précisions données ci-dessus peuvent se résumer sur un graphique représentant le **champ auditif humain** (vert). La **zone conversationnelle** (vert foncé)



La courbe inférieure représente la courbe des seuils de perception de l'oreille humaine en parfait état. Pour chaque fréquence, le seuil de perception est différent : les fréquences les mieux perçues (la courbe avoisine le 0 dB) se situent dans la gamme moyenne entre 1 et 3 kHz. C'est aussi dans cette gamme que la dynamique de sensation est la plus grande (de 0 à 130 dB). La courbe supérieure représente la limite des intensités perceptibles. Notons qu'au-delà de cette courbe* il y a danger pour l'oreille interne (cochlée).

La zone conversationnelle définit les sons utilisés pour la communication par la voix humaine : ce n'est que lorsque cette zone est affectée que le handicap auditif apparaît vraiment.

*NB On parle souvent, à tort, de "seuil de la douleur" (>120 dB), mais il n'y a de douleur que s'il y a rupture du tympan, ce qui en soi n'est pas gravissime. Par contre, n'attendons pas d'avoir mal pour protéger notre oreille interne des sons nocifs ! (Voir aussi chapitre " Bruit : attention ! Danger ! ")

IV. INFLUENCE DU MILIEU SUR LE SON

1) Le milieu

La propagation du son nécessite la présence d'un milieu matériel (gaz, liquide ou solide). C'est pourquoi le son ne peut pas se propager dans le vide, contrairement à la lumière.

Exemple : si on met une source sonore sous une cloche, on entend le son. En revanche, si on fait le vide sous la cloche, le son disparaît puisqu'il n'y a plus de molécules d'air.

2) Vitesse de propagation de l'onde

L'onde acoustique se propage dans l'air à 340 m/s, dans l'eau à 1500 m/s et à des vitesses encore supérieures dans les matériaux plus denses (3500 m/s dans l'os et jusqu'à 6000 m/s dans l'acier !). Dans le vide, dépourvu de matière, aucun son ne se propage.

D'autres facteurs tels que le taux d'humidité, la température influencent la vitesse de propagation de l'onde.

3) Notion d'impédance

Une onde sonore peut éprouver des difficultés à passer d'un milieu à un autre car chaque milieu impose une résistance plus ou moins importante appelée impédance. Ainsi une onde qui se propage dans l'air aura du mal à être perçue dans l'eau car celle-ci a une forte impédance.

Exemple : à la plage, si vous avez la tête sous l'eau, vous n'entendrez pas la personne qui parle en marchant à côté de vous. Par contre, vous entendrez parfaitement les sons émis dans l'eau, comme le moteur d'un bateau qui passe à 100m de vous !

V. AUTRES PROPRIÉTÉS LIÉES À LA PROPAGATION DES SONS

Lorsqu'une onde sonore est émise, elle tend à être modifiée par des paramètres tels que la distance ou d'éventuels obstacles.

- **Atténuation.** En champ libre, c'est-à-dire dans un espace où aucun obstacle ne perturbe la propagation de l'onde sonore, son intensité acoustique diminue quand on s'éloigne de la source sonore.
- **Réflexion.** Lorsqu'une onde sonore rencontre un obstacle tel que la paroi d'un local, une certaine quantité de l'énergie est réfléchiée et revient dans la pièce : c'est la réflexion. Les réflexions successives constituent la **réverbération**.
- **Absorption.** Une autre quantité de l'énergie est absorbée en partie par les matériaux constituant la paroi : les hautes fréquences étant plus facilement atténuées que les basses.
- **Transmission.** Une partie de l'énergie est transmise dans la pièce voisine par le biais de la paroi, qui agit comme une source sonore secondaire.

VI. Propagation des signaux

Un émetteur (source de lumière, source sonore, antenne hertzienne,...) émet un signal (lumineux, sonore, hertzien, ...) qui se propage. Ce signal peut être capté par un récepteur (œil, oreille, antenne réceptrice, ...). L'Homme baigne dans une multitude de signaux qui transportent des informations diverses.

Les signaux ultrasonores sont utilisés dans de nombreux dispositifs, parmi lesquels l'échographie, l'aide au stationnement des véhicules...