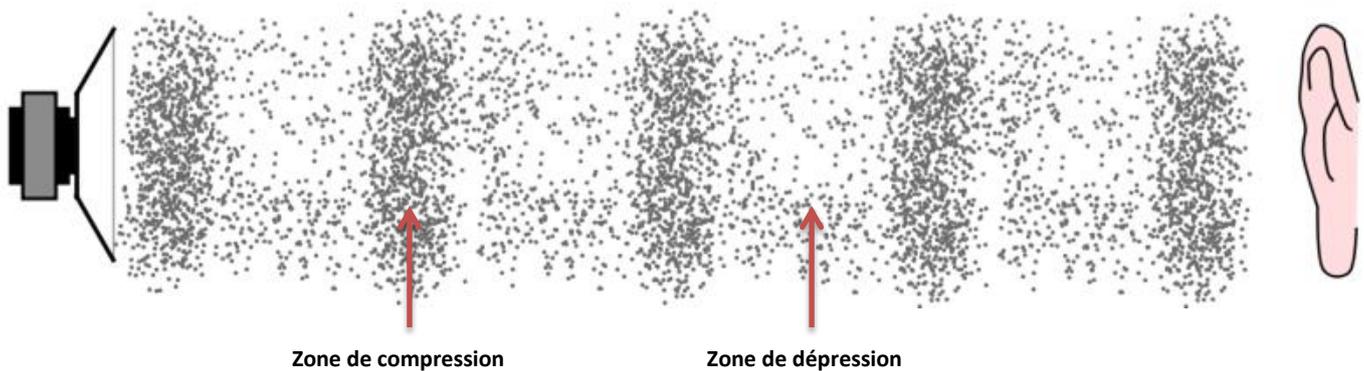


LES ONDES SONORES

Le **son** est une onde produite par la vibration mécanique d'un support fluide ou solide et **propagée** grâce à l'élasticité du milieu environnant sous forme de vibrations d'atomes et de molécules autour de leur position d'équilibre. La science qui étudie les sons s'appelle **l'acoustique**. Nos oreilles détectent les variations de pression de l'air (appelée pression acoustique) engendrées par ces vibrations.

[Voir animation](#)



Lire les documents et répondre aux questions suivantes :

- Q1.** Donner les trois principales parties de l'oreille humaine et le rôle de chacune d'elles.
- Q2.** L'intensité sonore en extérieur par temps de pluie vaut : $I = 8,5 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}$. Quel est le niveau d'intensité sonore correspondant ? Comment varie ce dernier si l'intensité est multipliée par 10 ? par 2 ?
- Q3.** A quelle fréquence l'oreille humaine est-elle la plus sensible ?
- Q4.** Les essais des sonars* très puissants des sous-marins militaires ont parfois des conséquences désastreuses pour certains mammifères marins. Expliquer.
(*) les sonars produisent des ultrasons, c'est-à-dire des ondes sonores de fréquences supérieures à 20 kHz
- Q5.** Lors du passage d'une onde sonore, les molécules de l'air oscillent 100 fois autour de leur position d'équilibre en 8,0 secondes. Quelle est la fréquence de cette onde ? A quel domaine appartient-elle ? Quel animal est susceptible de l'entendre ?
- Q6.** Les avions de ligne long courrier volent à une vitesse proche des 1000 km.h^{-1} . Franchissent-ils le mur du son ?
- Q7.** La vitesse de propagation du son est-elle plus importante dans les solides, les liquides ou les gaz ?

Document 1 : Un détecteur sonore : l'oreille

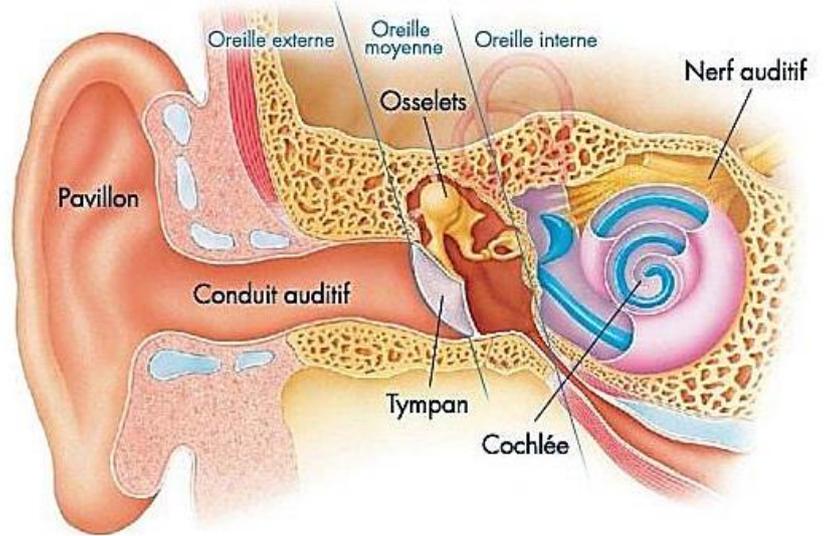
L'oreille comprend trois parties principales : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne.

L'oreille externe est constituée du pavillon de l'oreille et du conduit auditif. Les pavillons aident à localiser les sources sonores. Le conduit auditif se termine par le tympan, qui réagit aux variations de pression comme la membrane d'un microphone.

Dans l'oreille moyenne, les oscillations du tympan sont amplifiées de manière optimale, en partie limitées, puis transmises à l'oreille interne par trois osselets (marteau, enclume, étrier).

L'oreille interne abrite le limaçon (cochlée), de la taille d'un petit pois. Il contient un

liquide et est partagé longitudinalement par la membrane basilaire. Le son imprime des oscillations à la membrane basilaire de façon sélective : les sons les plus aigus sont captés tout à l'avant, tandis que les sons graves pénètrent jusqu'au fond du limaçon. Sur la membrane basilaire se trouvent les capteurs à proprement parler, soit environ 20 000 cellules ciliées de l'organe cortique, qui transmettent des impulsions électriques aux nerfs auditifs dès que la membrane basilaire oscille. Les cellules ciliées sont stimulées plus ou moins fortement en fonction du volume sonore. Le cerveau traite ces impulsions jusque dans les moindres détails. Notre système auditif assure deux qualités d'un ton ou d'un bruit, à savoir la hauteur du son et son volume sonore.



Document 2 : Le niveau sonore

Pour exprimer le volume sonore perçu, on introduit la grandeur physique **intensité sonore I** (en watts par mètre carré : $W \cdot m^{-2}$) liée à l'énergie reçue sur une surface donnée. Cependant, on utilise rarement cette grandeur physique dans la pratique car :

- son étendue de variation est très vaste (voir tableau)
- la sensibilité de l'oreille est relative, c'est-à-dire que le changement d'intensité sonore n'est perçu que s'il dépasse une certaine fraction de cette intensité : une égale impression est ressentie que l'intensité passe de 1 à 10 ou de 10 à 100.

Dès lors, il est plus pratique et correct d'utiliser une grandeur faisant intervenir le logarithme : c'est le **niveau d'intensité sonore L** (en décibels : dB en hommage à l'inventeur britannique Alexandre Graham Bell) :

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

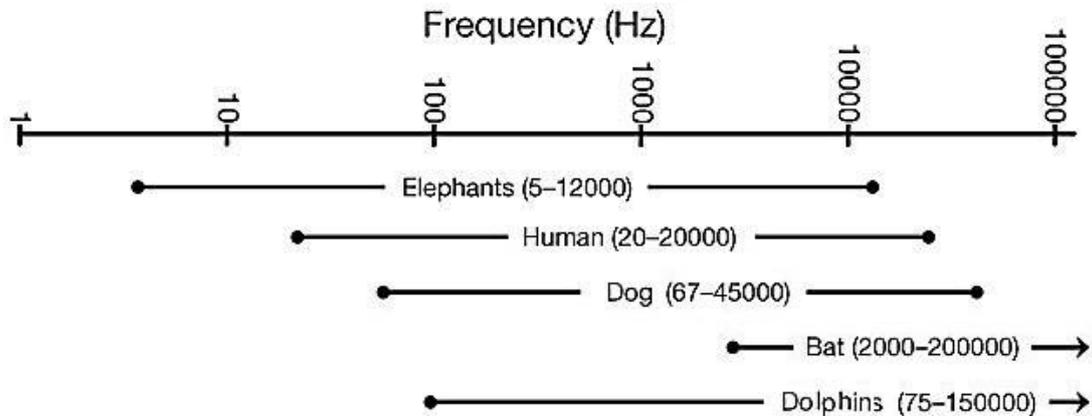
où I_0 est l'intensité sonore de référence seuil d'audibilité
 $I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$

Intensité en W/m^2	Niveau en dB	Nature des bruits	Impressions subjectives
10^2	140	Turboréacteur au banc d'essai. Sortie de la tuyère.	Destruction de l'oreille
10^1	130	Marteau pilon.	Seuil de douleur
$10^0=1$	120	Coups de marteau sur acier.	Bruit supportable un court instant
10^{-1}	110	Atelier de chaudronnerie.	
10^{-2}	100	Scie à bois à 1 m. Marteau pneumatique à 3 m.	Bruit très pénible
10^{-3}	90	Forge.	
10^{-4}	80	Atelier de tournage. Circulation intense à 10 m.	Bruit supportable mais forts
10^{-5}	70	Conversation à 1 m. Trafic moyen à 30 m.	
10^{-6}	60	Compartment confortable de chemin de fer.	Bruit courant
10^{-7}	50	Appartement donnant sur rue active fenêtres ouvertes.	
10^{-8}	40	Bureau tranquille.	Très calme
10^{-9}	30	Jardin calme.	
10^{-10}	20	Studio d'enregistrement.	Silence anormal
10^{-11}	10	Laboratoire acoustique.	
10^{-12}	0	Seuil d'audibilité.	

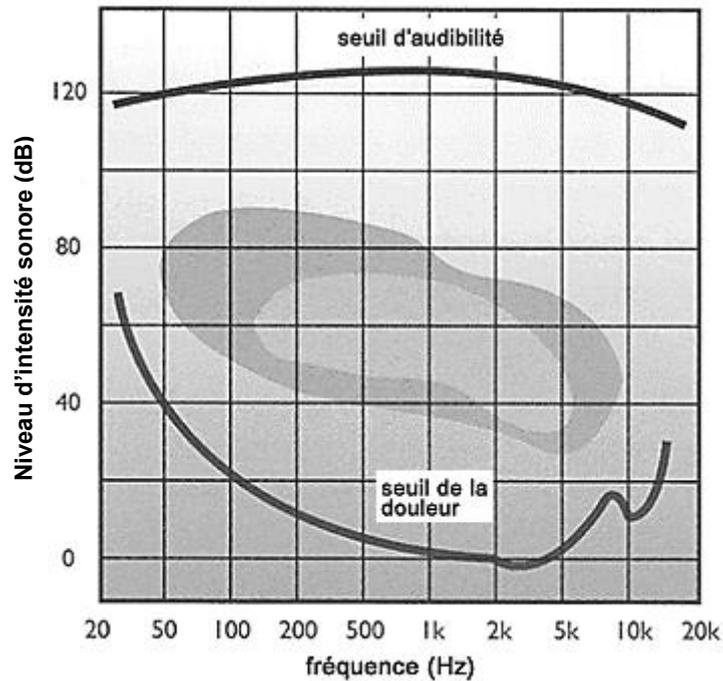
Le niveau sonore se mesure à l'aide d'un sonomètre

Document 3 : Tuning In to Sounds

Hearing plays a vital part in animal communication. The range of sounds that can be sensed varies greatly from species to species. Many animal predators need to hear sounds of a higher pitch than humans can hear because much of their prey makes high-pitched squeaks. The pitch of a sound – its highness or lowness – can be measured in hertz (Hz). This is the number of times a sound wave vibrates in a second. The chart here shows the range over which a number of animals can "tune in" to their surroundings. Humans are sensitive to a range of audio frequency between 20 and 20000 Hz. Below we talk about infra-sounds and beyond about ultrasound.



Document 4 : Seuils de douleur et d'audibilité de l'oreille humaine



Document 5 : Célérité du son dans différents milieux

Milieu	Hélium	Hydrogène	Eau	Glycérine	Cuivre	Brique	Bois	Acier
Célérité (en m.s ⁻¹)	970	1320	1500	2000	3600	3700	3800	5000