

UAA12 : Les ondes sonores

1- Le son : une vibration qui se propage

Activité 1 : Production d'un son

Latte : Tenir fermement la latte sur le bord du banc, dépassant celui-ci de $\frac{3}{4}$ de sa longueur. Déplacer vers le bas, de quelques cm, l'extrémité libre de la latte et lâcher rapidement cette extrémité. Produire d'autres sons en modifiant la position de la latte.

Diapason :

- Frapper le diapason avec le marteau ou sur la table.
- Diapason que l'on approche d'un récipient en verre (vidéo)

Constatations :

- Diapason que l'on met en contact avec de l'eau (vidéo)

Constatations :

Cordes vocales : émettre un son grave en positionnant sa main au niveau de son larynx

Elastique : Une personne tient l'élastique tendu entre ses deux mains et une autre pince l'élastique pour produire un son.

L'élément commun à tous ces exemples est donc la vibration d'un objet qui produit un son. Le son est produit par des corps en vibration. Les vibrations provoquent alors une perturbation du milieu environnant.



Activité 2 : Propagation du son

Montre : entendre si la montre fonctionne, en plaçant son oreille à 30 cm de distance au-dessus de la montre. Placer son oreille sur la table, à la même distance.

Constatations :

Tambourin : Mettre les grains de sucre sur la membrane du tambourin. Placer un seau renversé à proximité du tambourin et frapper dessus avec un bâton en bois. Que constatez-vous ?

Constatations :

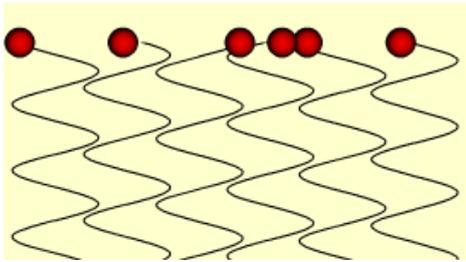
Piscine : Lorsque vous êtes sous l'eau à la piscine, vous entendez les bruits environnants.

Figures de Chladni, une tôle fixée en son centre, saupoudrée de sucre près de laquelle on émet un son.

Les solides, liquides et gaz sont composés de molécules. Le son est produit par les vibrations de molécules de la source sonore. Par chocs successifs sur les molécules voisines, ces vibrations se transmettent de molécules en molécules. Le diapason qui entre en vibration vient percuter les molécules d'air qui l'entoure directement. Les premières particules mises en mouvement viennent heurter les secondes qui se mettent en mouvement à leur tour. Les particules en mouvement oscillent autour de leur position d'équilibre à chaque choc. Et ce jusqu'à un récepteur (micro, oreille, ...) qui va vibrer à son tour.



Montrer l'animation : <http://www.cyberphon.ish-lyon.cnrs.fr/Partie1/P1C2.htm>



Le son se propage-t-il dans l'espace ?

Le son est une **onde**, c'est-à-dire la propagation d'une perturbation de proche en proche dans un milieu.
Pour le son, il s'agit donc d'une vibration (perturbation) qui se propage d'une molécule à sa voisine et ainsi de suite.

2. Caractère ondulatoire du son

Activité 3 : caractère ondulatoire du son

Haut-parleur +bougie: Regarder ce qu'il se passe lorsqu'on place une bougie près d'un haut-parleur. <https://www.youtube.com/watch?v=T1ICxWAOtgk>

Programme "WinOscillo : Emettre un son avec le diapason, en chantant une note, en parlant, en frappant dans les mains et en jouant une note avec la flûte à bec. Observer la courbe.

Dans les images suivantes, associe le son à sa source correspondante .:



A. Diapason



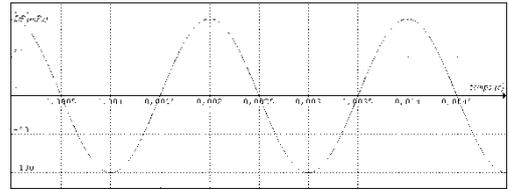
B. Son musical



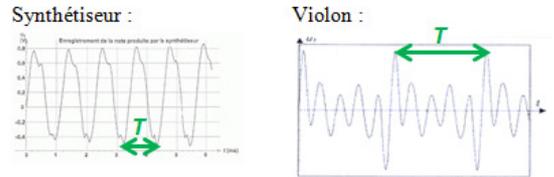
C. Bruit

A l'aide d'un sonomètre, nous avons analysé en classe, le signal d'une voix humaine (parlé et chanté), d'un diapason, d'une flûte, d'un violon, d'un bruit bref. On peut distinguer plusieurs types de sons :

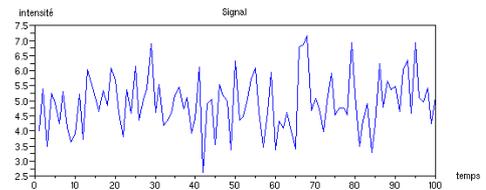
- un **son pur**, comme celui émis par un diapason. Il s'agit d'une succession d'oscillations régulières identiques.



- un **son complexe ou musical** (un son sifflé, chanté, joué à la flûte ou à l'aide d'un autre instrument...), l'oscillogramme représente des successions de dents plus ou moins arrondies dont la forme se reproduit.

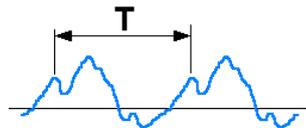


- un **bruit** un son qui n'est pas périodique (claquement de mains, son d'une percussion, ...)



On parle alors pour ces deux premiers types de sons de **phénomène périodique** : car il s'agit d'un phénomène qui se répète à l'identique de manière régulière.

Une onde est périodique si la **perturbation** qu'elle propage se reproduit **identique** à elle-même et de façon **régulière** dans le temps. La période T (en s) est la durée entre deux points du signal qui se répète.



3. Vitesse de propagation d'une onde

Quelle est l'unité de la vitesse ?

Quelle est dès lors la formule permettant de calculer la vitesse ?

$v =$

Avec $\Delta x,$

$\Delta t,$

Lors d'un orage, on observe un décalage entre le moment où on voit l'éclair et celui où on entend le coup de tonnerre¹. On utilise parfois la règle suivante : « 3 secondes correspondent à un kilomètre »

Utilise la formule pour calculer la vitesse du son dans l'air en m/s :

¹ La lumière de l'éclair voyage à une vitesse tellement grande que nous la percevons presque instantanément; le décalage temporel est donc quasiment égal à la durée mise par le signal sonore pour nous parvenir.

A partir du document suivant, détermine les facteurs qui peuvent influencer la vitesse de propagation du son

➤ Célérité indépendante de la fréquence

matériau	vitesse de propagation (m/s)	matériau	vitesse de propagation (m/s)
Dioxyde de carbone	259	Platre	2400
Oxygène	316	Béton	3100
Air sec à 0°C	331	Bois	3300
Air sec à 20°C	343	Or	3240
Vapeur d'eau	494	Os	4080
Alcool	1200	Acier	5000
Plomb	1250	Fer	5950
Eau	1430	Aluminium	6420
Eau de mer	1530	Diamant	20 000

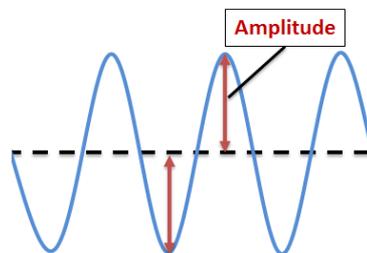


Dans l'air, à 20°C, la vitesse du son est $v = 340 \text{ m/s}$

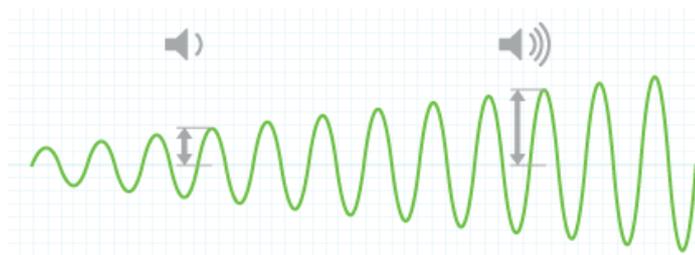
5. Caractéristiques d'un son

5.1 L'intensité

- 1) Prenons la flûte et analysons le signal lorsque l'on souffle doucement et ensuite fortement.
- 2) Ensuite mettons en marche le haut-parleur et regardons ce qui se passe lorsque le volume est augmenté.
- 3) Une personne qui parle et toute la classe qui parle



L'**intensité** d'un son (on dit aussi la force) est la caractéristique permettant de distinguer un son fort d'un son faible. Il s'agit de l'**amplitude** de la vibration. Dans la vie courante, nous parlons du **volume** du son. Cette intensité s'exprime en décibel (dB)



Reprenons les 3 cas de figure de l'activité et notons à chaque fois l'intensité lue au sonomètre en décibel

Flûte son faible :

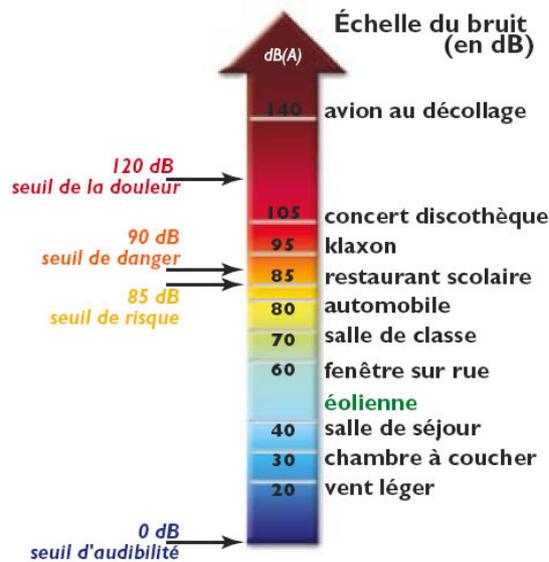
Flûte son fort :

Haut-parleur son faible :

Haut-parleur son fort :

Une personne qui parle :

Toute la classe qui parle :



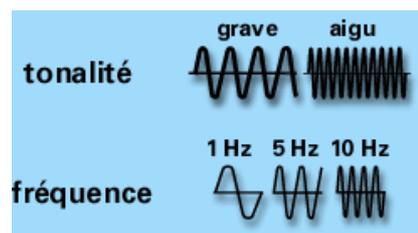
5.2 La hauteur ou fréquence du son

1) Prenons la flûte et analysons le signal lorsque l'on joue une note grave ou aiguë.

2) Ensuite mettons en marche le haut-parleur et regardons ce qui se passe lorsque l'on émet un son grave et un son aigu.

La **hauteur** d'un son correspond entre autres à sa vitesse de vibration. Il s'agit de la **fréquence** sonore (nombre de vibrations périodiques par seconde) que l'on mesure en hertz.

Plus la vibration est rapide, plus le son est dit aigu ; au contraire, plus la vibration est lente, plus le son est dit grave. Une note de musique est caractérisée entre autres par sa hauteur, et cette hauteur est reliée à la fréquence fondamentale du son qu'elle représente.

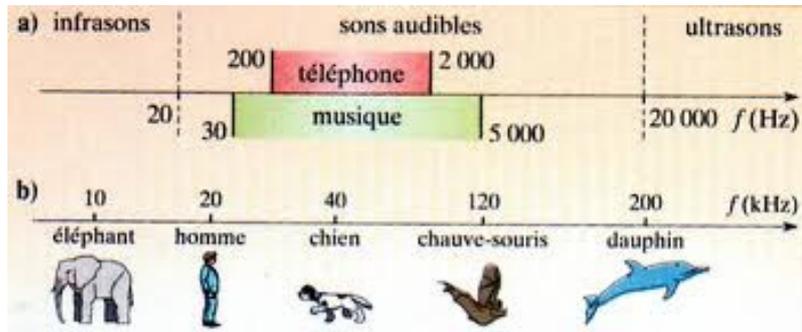


Par exemple la note « la » à une fréquence

Détermination du seuil d'audition :

On fait varier la fréquence du son émis par le haut-parleur vers des sons les plus graves (les plus aigus) et les élèves lèvent la main lorsqu'ils ne perçoivent plus le son. Le dernier est désigné la meilleure oreille de la classe. On regarde quelle est la fréquence correspondante. Ensuite on fait de même pour les sons aigus.

Seuil d'audition de la classe : deHz àHz



L'**ultrason** est un son inaudible pour l'homme dont la fréquence

L'**infrason** est un son inaudible pour l'homme dont la fréquence

5.3 Le timbre

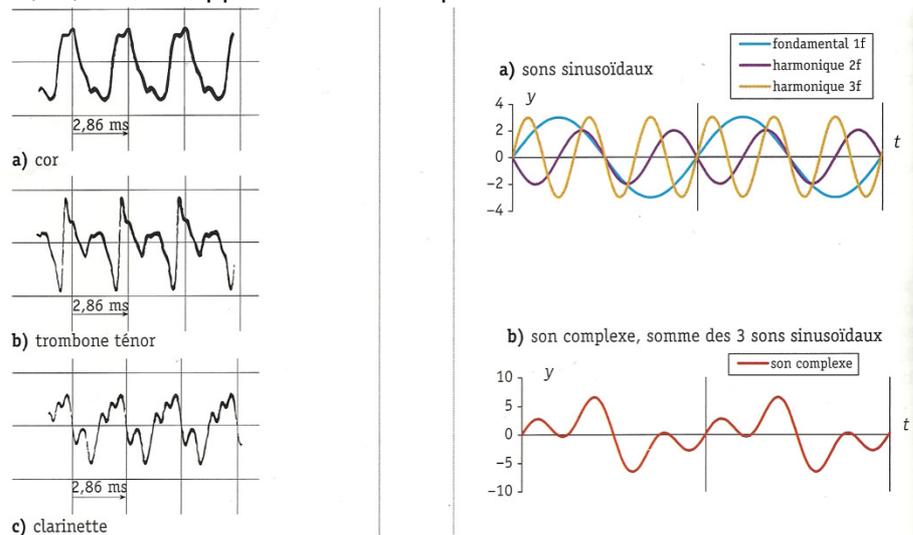
Deux sons, de même hauteur émis par deux instruments de musique différents, sont perçus différemment. Il existe donc une autre caractéristique du son qui dépend de l'instrument, il s'agit du timbre.

Voici les oscillogrammes de 3 sons de même fréquence émis par 3 instruments différents.

On constate qu'il s'agit de sons complexes, qu'ils sont différents mais de même fréquence.

Un son musical est un cocktail de sons sinusoïdaux de fréquence f , $2f$, $3f$...

Les fréquences $2f$, $3f$, ... sont appelées harmoniques.



6. Déterminer la période et la fréquence d'un son

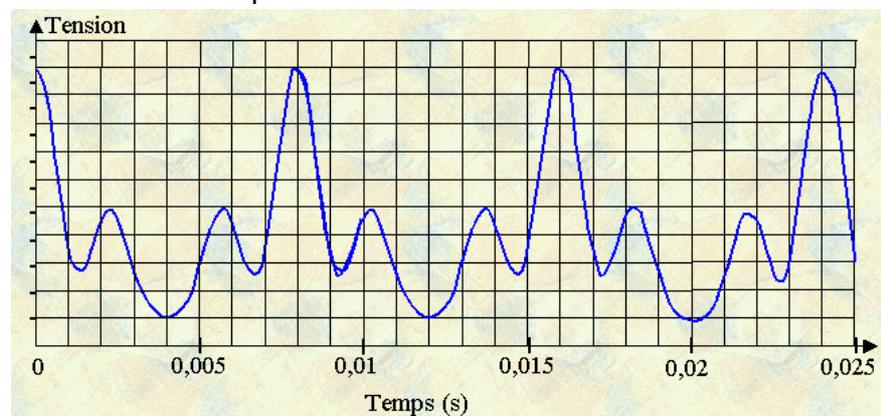
Par définition, la **fréquence** f (Hz) est l'inverse de la période T . La fréquence s'exprime en Hertz

Pour les exercices, tu auras besoin par moment du tableau suivant :

note	fréquence (Hz)	note	fréquence (Hz)	note	fréquence (Hz)
Do1	65	Do3	260	Do5	1000
Ré1	75	Ré3	295	Ré5	1200
Mi1	85	Mi3	330	Ré#5	1250
Fa1	90	Fa3	350	Mi5	1300
Sol1	100	Sol3	395	Fa5	1400
La1	110	La3	440	solb5	1480
Si1	125	Si3	495	Sol5	1600

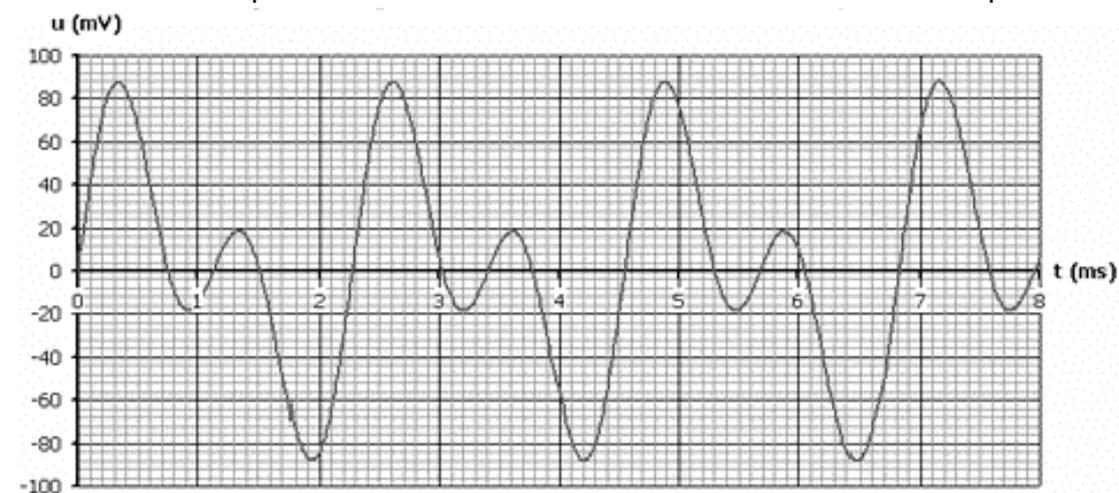
Exercice 1

Détermine la fréquence du son suivant et détermine la note de musique correspondante.



Exercice 2

Détermine la fréquence du son suivant et détermine la note de musique correspondante.



Exercice 3

Détermine la fréquence du son suivant et détermine la note de musique correspondante.

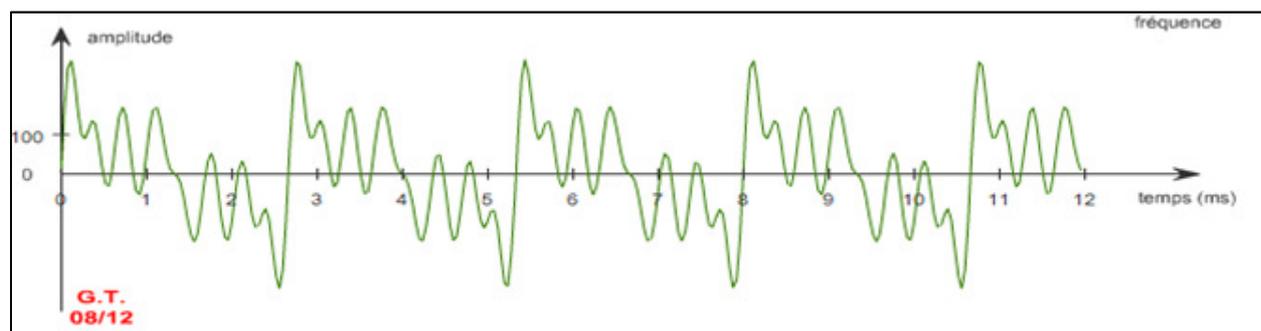
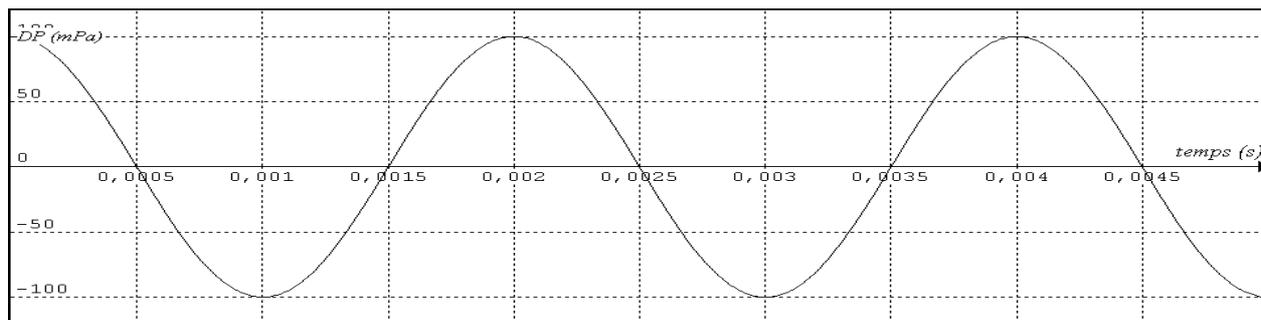
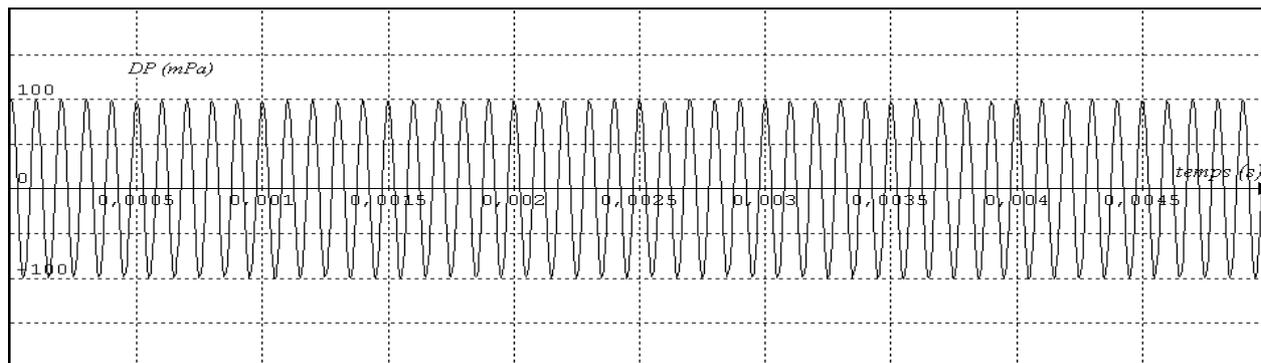


Exercice 4

a) Voici la visualisation d'un son. Pour chacun des graphiques concernant une onde sonore dans l'air, à 15°C, déterminer la fréquence et la période.

b) Repérer les sons aigus, les sons graves. Quel est le son le plus intense ?

c) S'agit-il de sons simples, de bruits ou de sons musicaux ?



d) En comparant des oscillogrammes, l'élève classe les sons en fonction de fréquence.

7. Nuisance sonore, attention danger

Quizz à réaliser à domicile par les élèves : <http://www.nosoreilles-onytient.org/quiz/>

Vidéo fonctionnement de l'oreille : <https://www.youtube.com/watch?v=tGx1syJpp5k>

L'oreille externe (fig. 2.14) comprend le pavillon ainsi que le conduit auditif qui aboutit au tympan qui est une membrane élastique. Les vibrations sonores de l'air s'y transforment en vibrations mécaniques qui sont transmises à l'oreille moyenne formée de 3 osselets : le marteau, l'enclume et l'étrier. Ce dernier appuie contre l'oreille interne, ou labyrinthe, remplie de liquide. Les vibrations deviennent des ondes de pression hydraulique. Le labyrinthe se termine par un canal enroulé sur lui-même, appelé limaçon. C'est là que se trouvent les cellules ciliées grâce auxquelles les vibrations sont transformées en influx nerveux.



À partir de 85-90 dB, le niveau d'intensité sonore devient dangereux, nocif. Les cellules nerveuses, qui transforment les signaux acoustiques en signaux électriques, peuvent être endommagées de manière irréversible, entraînant une perte partielle mais définitive d'audition, ou encore des acouphènes.

À partir de 140 dB, certains bruits fort intenses, surtout s'ils sont soudains (explosion ; proximité d'un réacteur d'avion ou d'un canon) peuvent provoquer une surdité par rupture du tympan ou en endommageant l'oreille interne.

Le risque encouru à cause des bruits augmente avec :

- le niveau d'intensité sonore ;
- la durée d'exposition au bruit.
-

Il dépend aussi de la fréquence : les sons aigus sont plus gênants que les sons graves.

L'exposition à un bruit de niveau d'intensité sonore inférieur ou égal à 80 dB pendant 8 heures par jour est considérée comme un seuil de sécurité. Pour une intensité doublée (donc 3 dB en plus, voir 5), la durée d'exposition devrait être réduite de moitié.

Les bruits de niveau inférieur à 80 dB sont néanmoins déjà gênants ; ils peuvent engendrer :

-
- une diminution de la capacité de raisonnement ;
-
- une fatigue auditive (sifflement, ou bourdonnement d'oreille, difficulté ou perte d'audition...).

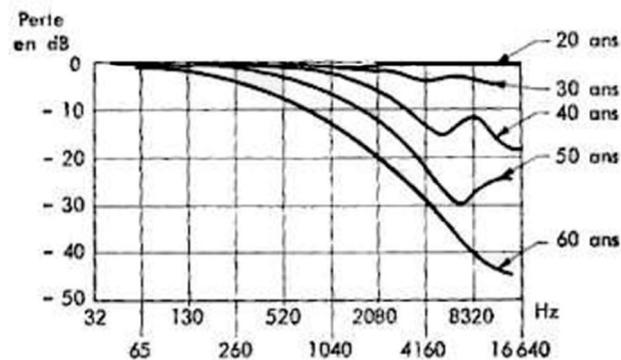
Ces effets sont temporaires et s'estompent assez lentement.

En Belgique, un arrêté royal limite à 90 dB le niveau sonore dans les discothèques et salles de concert. Selon une enquête de Test – Santé (1995), aucune des 12 discothèques vérifiées ne respectait la loi ; le niveau sonore sur les pistes de danse, ainsi que lors des concerts rock, était compris entre 100 et 110 dB...



Avec l'âge et les **comportements à risques**, la zone d'audibilité tend à se réduire, notamment dans les hautes fréquences. En effet, l'oreille humaine est dotée à la naissance d'un certain nombre de cellules sensorielles qui, en cas de détérioration, ne pourront pas être remplacées. Les conséquences d'une exposition à des sons ou des bruits trop intenses (au-delà de 85-90dB) vont d'une simple fatigue auditive se traduisant par une légère baisse de l'audition, à une sensation d'oreille ouatée, ou à des acouphènes (sifflements ou bourdonnements dans les oreilles en l'absence de sources auditives) éventuellement permanents, pour aboutir à la surdité aux fréquences élevées, puis aux basses fréquences.

Perte d'audition avec l'âge



L'échelle de la surdité

Audition normale :

Perte moyenne inférieure à 20 dB, aucune gêne.

Malentendance :

Déficiencia légère : perte moyenne de 20 à 40 dB. Perte des bruits faibles, des aigus et de certains éléments phonétiques.

Déficiencia moyenne : perte moyenne de 40 à 70 dB. Seule la parole forte est perçue.

Surdité :

Perte moyenne de 70 à 120 dB et plus. De la déficiencia sévère (appareillage, lecture labiale et rééducation) à la surdité totale (à partir d'une perte de 120 dB).

Le saviez-vous ?

Les bruits de loisirs sont en train de fabriquer une génération de malentendants précoces.

Une personne soumise à 100 dB durant 40 heures par semaine, pendant 20 ans, a une probabilité de perte auditive de 48% !

Certaines **normes européennes** fixent des plafonds d'intensités pour les baladeurs (100 dB) et pour les discothèques ou les concerts (105 dB), mais il faut également limiter les durées d'exposition. Si l'exposition à des intensités de moins de 80 dB (niveau sonore d'une cour de récréation ou d'une mobylette) est généralement considérée comme sans danger (sans dépasser huit heures par jour), l'usage d'un baladeur, par exemple, devrait être limité à une heure par jour à 89 dB, à 30 minutes à 92 dB, à 15 minutes à 95 dB, et à 5 minutes à 100 dB de manière à ne pas produire de troubles irréversibles. Les expositions à des intensités sonores élevées doivent être brèves et entrecoupées de temps de repos.

Les règles d'or pour protéger ses oreilles :