

1 VITESSE DU SON

Vitesse du son = **340 m/sec** dans l'air à 20° = 1.224 km/h

Mach 1 des avions supersoniques = vitesse sup. à celle du son

Vitesse du son = **10 km/sec** dans la terre

soit 36.000 km/h (le tour de la Terre en une heure)

Exemple :

vous marchez à 3,4 km d'une terrible explosion, on entendra

2 déflagrations :

- dans le 1/3 de seconde = bruit terrestre
- 10 seconde plus tard = bruit aerien !

2 SENSIBILITÉ DE L'OREILLE

- **Sensibilité d'intensité en dB (décibel)**

La puissance du son se mesure en Décibel (dB). La sensibilité de l'oreille est phénoménale : elle peut capter une variation d'intensité (variation de pression) **10 MILLIARDS de fois** plus faible que la **pression atmosphérique** ambiante !

Exemple d'échelle de bruit :

30 dB : conversation à voix basse

40 dB : réfrigérateur

50 dB : pluie

55 dB : lave-linge

60 dB : conversation normale

65 dB : téléviseur

70 dB : sonnerie de téléphone

75 dB : aspirateur

80 dB : automobile

85 dB : aboiement

90 dB : tondeuse à gazon

95 dB : klaxon

100 dB : chaîne hi-fi

105 dB : concert, discothèque

130 dB : course automobile

140 dB : avion au décollage

Histoire du Krakatoa en 1883 à 270dB = Le bruit le plus fort du monde : le 27 Août 1883, le Krakatoa explose avec une puissance environ **10 000 fois supérieure à la bombe atomique** lancée sur Hiroshima. D'une rare violence, les conséquences de l'éruption de ce volcan situé en Indonésie se firent sentir dans le monde entier.

Le son de cette explosion est considéré comme le plus fort ayant jamais été entendu par l'oreille humaine, et aurait été perçu sur

près de **10% de la surface de la Terre**. Cet évènement fit près de 40 000 victimes, la plupart d'entre elles périrent noyées, l'effondrement du volcan dans la mer provoquant de terribles tsunamis.

De nombreux témoignages attestent de la violence du phénomène. En Australie, 3.000km plus loin, des témoins affirment avoir distinctement entendu l'explosion, semblable à des coups de feu. Il aurait également été perçu jusqu'à l'île Maurice, située à plus de 4.800km de l'Indonésie. D'une puissance estimée à plus de 270 décibels à 1m de la source, l'éruption du **Krakatoa perfora les tympans de toutes les personnes présentes dans un rayon de 30 à 50 km**. Celles se trouvant à moins de 160 km subirent également des altérations permanentes de l'audition.

Le son produit lors de l'explosion a continué à se propager sur toute la planète, mais a perdu en intensité. Dans les 5 jours suivant l'explosion, l'onde de choc a fait le tour de la Terre près de 4 fois avant de disparaître. Elle n'a provoqué aucun dégât, mais les changements de pression sur son passage auraient entraîné une élévation temporaire du niveau de la mer dans plusieurs régions du globe

Les conséquences de cette éruption ne s'arrêtent pas là. Le panache de cendres volcaniques libérées par le volcan à atteint les 80 km de hauteur, diminuant la température de la Terre de

près d'un degré l'année suivant la catastrophe. Les températures ne retrouvèrent un niveau normal qu'en 1888, plusieurs années après l'éruption. Ses effets se firent ressentir jusqu'en Europe, où le ciel prit une teinte rouge et les couchers de soleil se firent plus flamboyants.g

Cette explosion fut l'une des éruptions les plus meurtrières de l'histoire. Mais la plus importante est celle du Tambora, en 1815 qui fit à elle seule plus de 90 000 victimes. Cette éruption est à l'origine de l'année sans été, un changement climatique majeur durant l'année 1816.

- **Sensibilité de hauteur en Hz (Hertz)**

Dessous 20 Hertz = ce n'est plus du son audible = **infrason**

Dessus 20.000 Hertz = ce n'est plus du son audible = **ultrason**

Une personne entendant normalement est plus sensible aux fréquences entre **1 500 Hz et 4 000 Hz** (juste au niveau et au-dessus de la limite aiguë du son chanté par un larynx humain) avec une sensibilité maximale vers **3 500 Hz** (cf le singing formant) car l'oreille humaine, au fil de l'évolution de l'espèce s'est sensibilisée aux **fréquences les plus proches de la voix humaine** - et particulièrement aux **celles du bébé**.

Au-dessous et au-dessus de ces fréquences, on entend d'autant plus mal que le niveau d'intensité est bas ! Le meilleur rapport puissance réelle / perçue est atteint vers **85 dB**.

A des niveaux d'écoute inférieurs, les graves et les aigus sont moins bien perçus.

A des niveaux d'écoute supérieurs, l'oreille se fatigue plus vite, et la dynamique est moins bien analysée. Voilà pourquoi un même son aigu, inoffensif écouté doucement, peut devenir strident si on en augmente le niveau sonore.

3 EQUALISATION & AMG

On peut décortiquer/décomposer le spectre audible pour une oreille normalement sensible en **3 registres** que je nomme **AMG** :

- **Aigu**
- **Medium**
- **Grave**

Cet **AMG de l'oreille** s'étend de 20 Hz à 20.000 Hz
(ce que l'oreille entend)

alors que l'**AMG de la voix** s'étend de 50 Hz à 2.000 Hz
(ce que le larynx chante)

discrimination trinitaire : le cerveau entend/analyse les AMG (oreille et/ou voix) toujours pareil : une hauteur de son au centre (M) avec un aigu (A) dessus et un grave dessous (M)

L'ingénieur du son va intervenir sur **l'AMG de l'oreille** grâce à la capacité de la table de mixage de renforcer/diminuer l'intensité de chaque groupe de hauteurs/harmoniques du son en montant/descendant le curseur mobile de chaque tranche de la table. Ce qu'on appelle **l'équalisation (Eq)**.

Le chanteur va intervenir sur **l'AMG de la voix** grâce à la capacité du corps d'agrandir/rétrécir les espaces résonatoires R1, R2, R3 et R4 en relation avec la **roue vocalique**. En modifiant le placement des EM (langue, lèvres, mâchoires, voile palais), il change le VSL du résonateur, ce qui va renforcer tel ou tel harmonique du fondamental.

LES DIFFÉRENTES « TRANCHES » DE LA TABLE DE MIXAGE :

GRAVE 20 - 500

- Extrême-grave : 20 - 60 Hz

Le son est davantage ressenti qu'entendu, à moins d'y consacrer une énergie électrique considérable. La présence d'extrême-grave dans un mixage, sous réserve que les écoutes puissent reproduire ce registre, donne une impression de puissance. En mettre trop rendra le son indistinct, confus... et abrégera la vie des membranes ! En mixage cinéma style Dolby Digital ou DTS, c'est l'ajout de ces composantes très graves aux bruits et effets qui donne tout l'aspect spectaculaire... et justifie la présence d'un canal spécialement dédié à ce registre !

- Grave : 60 - 500 Hz

C'est ici que se situe en grande partie l'énergie des instruments rythmiques. La tessiture "habituelle" d'une basse, par exemple, va de Mi 1 à Mi 4, soit des fondamentales s'échelonnant de 80 Hz à 640 Hz.

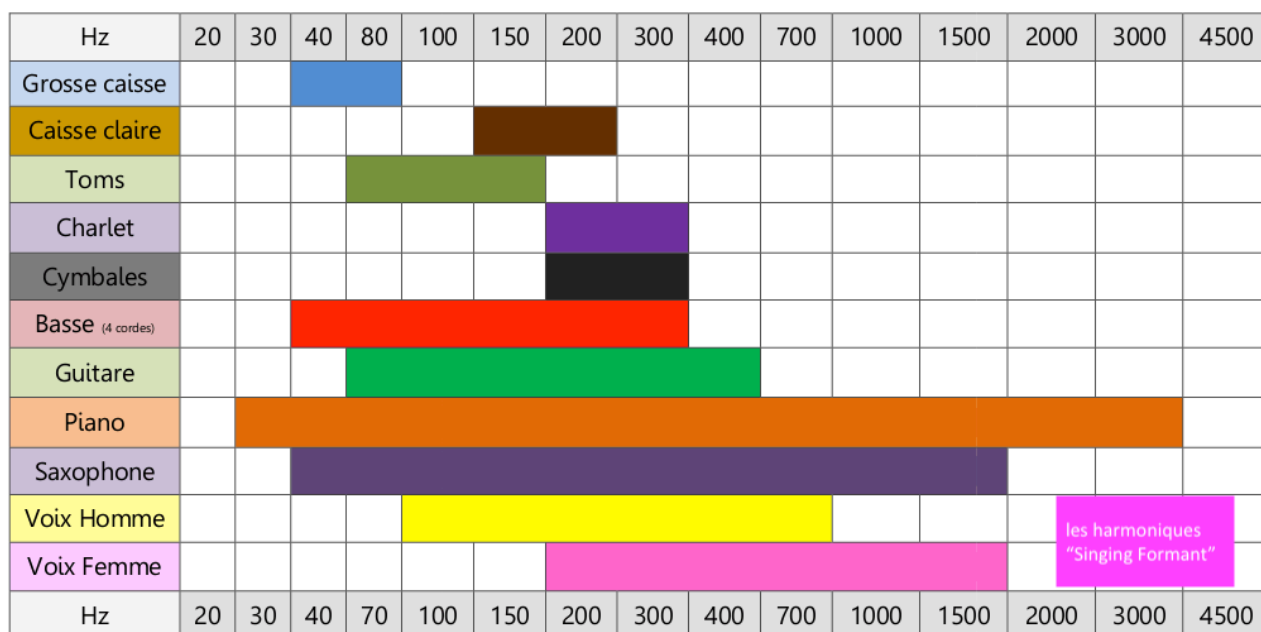
MÉDIUM 500 - 2.000

- Bas-médium : 500 - 1.000 Hz

Les premières fréquences harmoniques de la plupart des instruments sont là.

- Haut-médium : 1.000 - 2.000 Hz

Zone où commencent à se trouver les harmoniques de rang élevé. C'est le respect de ce registre qui permet de "reconnaître" le contenu des messages (**facteur d'intelligibilité en transmission vocale - respect des consonnes**). Conséquence : pour améliorer la compréhension d'un texte chanté, c'est ici qu'il faut corriger !



AIGU 2.000 - 20.000

- Aigu : 2.000 à 10.000 Hz

Nous voici au pays de la clarté, de la définition des sons. Toutefois, gare aux éventuelles sifflantes, qui se trouveront boostées jusqu'à rendre la voix agressive.

C'est dans la partie basse de cette zone (2.500 Hz à 4.000 Hz) que l'oreille a le plus de sensibilité auditive : raison pour laquelle le chanteur cherche à renforcer les harmoniques de cette zone pour se faire entendre sur le « bruit » de l'orchestre. Ce qu'on appelle le mécanisme du « singing formant ».

- Extrême-aigu : 10.000 - 20.000 Hz

On parle d'une impression de clarté, de brillance, d'air...

4 LE TIMBRE / HARMONIQUES PAIRES & IMPAIRES

Pour une même note, on reconnaît sans coup férir un piano d'un violon ou d'une voix humaine. Pourquoi ? Par le timbre !

Rappelons, d'après Fourier, que n'importe quel son se décompose en un ensemble de sinusoïde : une fondamentale et une nuée d'harmoniques, dont les fréquences sont des multiples entiers de cette dernière.

Les harmoniques "paires" (2, 4, 6, 8...) sont jugés **agréables**
200, le 400 et 800 sont des **8ve**
600 est l'harmonique de **5te**,

Les harmoniques **impaires (3, 5, 7, 9) sont jugés désagréables**

300 est l'harmonique de **5^{te}**

500 est l'harmonique de **3^{ce}**

700 est l'harmonique de **7^e**

900 est l'harmonique de **9^e**

Il faut garder à l'esprit que ces harmoniques se retrouvent rarement seuls, mais cohabitent comme "satellites" de fondamentales d'accords à quatre, voire cinq sons en polyphonie.

Un son ayant une fondamentale intense et peu d'harmoniques sera "velouté". Il semblera "creux" si ses harmoniques de rang élevé sont importants par rapport à sa fondamentale. C'est en estimant la "dose" relative de chacun des harmoniques.... jusqu'à **20.240 Hz** (harmonique de **46^e rang**) que notre oreille reconnaît le timbre d'une trompette ou d'une flûte. Vrai, mais incomplet. D'autres expériences ont montré que, privé de leur **attaque percussive**, un son de piano ou de guitare deviennent méconnaissables.

Notons également que la personnalité d'un son provient parfois d'un nombre réduit d'harmoniques, dont la combinaison est si particulière que l'oreille peut s'y référer pour le reconnaître à partir de ces quelques fréquences. C'est grâce aux formants vocaliques qu'on reconnaît la voix de son interlocuteur au téléphone (bande passante : 300 - 3 000 Hz).

5 LA VOIX HUMAINE

Passons maintenant à la voix qui chante un texte !

Nous avons un mélange de **sons établis (voyelles)** et de **sons transitoires (consonnes)**.

chaque voyelle correspond à un « formant" (i-a-ou), une "signature" spectrale particulière.

Les consonnes, elles, se rapprochent plutôt de **bruits**, à spectre plus ou moins large : un *chhhh* est presque du bruit blanc !

Enfin, les **spécificités prosodiques** de chaque langue : pour une même chanson interprétée en allemand, en anglais ou en français, avec un même playback, la mélodie sera identique, mais tout le reste différera : emplacement et type des consonnes (ouvertes, A, O, ou fermées, I, U, diphtongues...), emplacement et type des voyelles, "placement" général de la voix, accent tonique éventuel.

La plus favorisée sera **l'Anglais** (c'est bien connu, on "rentre" plus facilement une voix anglo-saxonne dans un mix), puis viendra **l'Allemand**, et enfin le **Français** - **notre langue se prête facilement à l'adoption d'une articulation "molle" et d'une voix détimbrée**, c'est-à-dire dépourvue de couleur (voyelles sans diphtongues), de signature harmonique forte, là où, culturellement, les Américains ou les Anglais timbrent sans y penser, d'où leur côté un peu nasillard parfois.