

Infrasons et ultrasons

Pierre GRANDJEAN
Gwenolé NEXER

Octobre 2015

Les risques, les moyens de protections

L'oreille humaine est exposée jour après jour à une quantité importante de sons et de bruits divers, d'une grande richesse spectrale s'étalant au-delà des bornes fréquentielles de la perception humaine définies entre 20 Hz et 20 kHz. Bien que notre appareil auditif transmette à notre cerveau uniquement les fréquences comprises entre ces bornes, notre organisme est potentiellement soumis à ce type de fréquences.

Ces fréquences, infrasons et ultrasons, bien que non perçues par notre oreille, peuvent avoir un impact sur notre audition.

Ce document tend à expliquer de manière simple la nature de ces fréquences ainsi que les milieux dans lesquels nous sommes généralement exposés, à discuter de leur dangerosité potentielle et enfin à donner quelques solutions pour s'en protéger.

Se protéger contre le bruit
E-131.1



Table des matières

TABLE DES MATIERES	2
1 INFRASONS	3
1.1 Présentation	3
1.2 Dangersité	4
1.3 Préventions et protections	4
2 ULTRASONS	5
2.1 Présentation	5
2.2 Dangersité	5
2.3 Préventions et protections	6
3 BIBLIOGRAPHIE	7

1 Infrasons

1.1 Présentation

On définit les infrasons comme des sons oscillants de 1 à 20 fois par seconde, (fréquence de 1 à 20 Hz, figure 1). Ils ont par définition une grande longueur d'onde (de 17 mètres à 20 Hertz jusqu'à 340 mètres à 1 Hertz)¹.

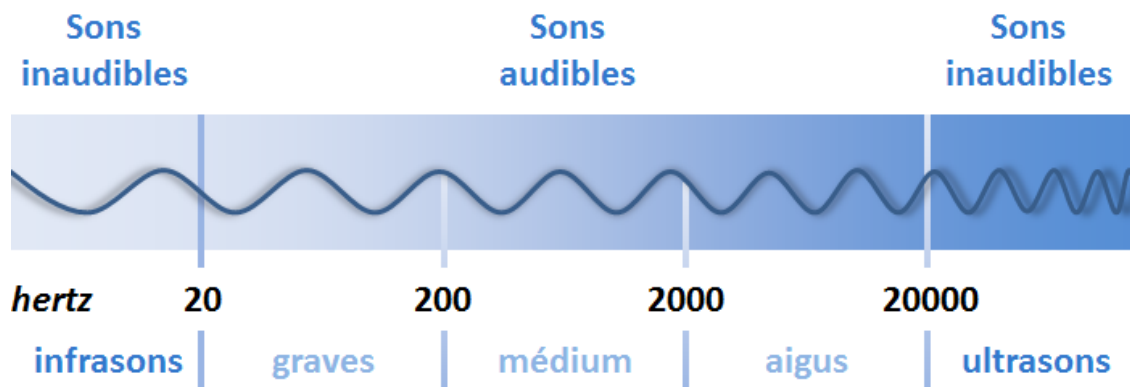


Figure 1: Catégorisation des fréquences audibles et inaudibles par l'oreille humaine.

Nombre de sources de bruit rencontrées naturellement (grande houle marine, vent, tonnerre, séisme, éruption volcanique ...) ou artificiellement (généralement liées à notre industrialisation : machines tournantes, de poinçonnage, moyens de transport ou explosions) est source d'infrasons [3].

Plusieurs espèces sur Terre (les éléphants ou les baleines par exemple) utilisent les propriétés des infrasons pour communiquer entre eux sur de longues distances. En effet, ces ondes, en raison de leurs grandes longueurs, parcourent de plus grandes distances avant de s'atténuer et sont difficilement réfléchies ou absorbées du fait de leurs dimensions face aux obstacles qu'elles rencontrent.

Des études, telles que celle de MØLLER [4], démontrent que ces infrasons ne sont pas réellement inaudibles pour l'être humain mais qu'en fait nous posséderions des seuils de perception pour ces fréquences trop élevés pour être atteints par des sources naturelles. De plus, il est possible de ressentir ces fréquences de façon mécanique ou vibrotactile, par le biais d'autres organes que le système auditif (peau, os, globes oculaires, organes...).

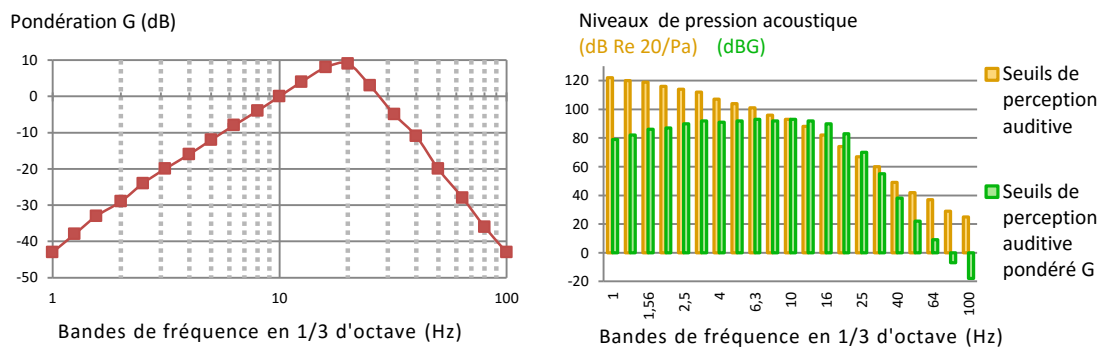


Figure 2: Pondération G (gauche) et seuil de perception par bande de tiers d'octave entre 1 et 100 Hz, avec et sans pondération G (droite).

C'est ainsi que la pondération G est apparue. Elle a été définie en 1995 dans la norme ISO 7196 [5], venant compléter la pondération A et ainsi caractériser de façon plus précise les basses fréquences et infrasons (de 1 Hz à 100 Hz, voir figure 2).

1.2 Dangersité

Parce que nous pouvons les ressentir et ou les entendre, les infrasons peuvent avoir des effets néfastes sur notre santé [1] [3]. Nous prendrons en compte ces effets en fonction de trois niveaux de puissance d'infrasons :

- avant d'atteindre le seuil d'audition ou de sensation vibrotactile (inférieur à 100 dB), la dangersité est minime et peu d'effets indésirables se font ressentir. Des perturbations ou des gênes peuvent tout de même survenir tel que fatigue, stress, difficulté de concentration, sensibilité aux vibrations, abasourdissement, maux de tête, diminution du rythme respiratoire, détérioration du sommeil. Ces effets physiologiques pourraient être dus à la mise en vibration des organes digestifs, cardio-vasculaire, respiratoire ou des globes oculaires.
- au-delà des seuils d'audition (supérieurs à 100 dB), une ou plusieurs des gênes et perturbations citées précédemment se font sentir et ou sont amplifiées.
- Enfin, à des niveaux extrêmement élevés (supérieurs à 140 dB), ces infrasons peuvent léser l'audition, autant dans la bande fréquentielle des infrasons que dans celle de l'audible.

1.3 Préventions et protections

Aucune législation ou réglementation nationale comme européenne n'a été publiée à ce jour. Cependant les organismes de santé de plusieurs pays ont émis quelques recommandations vis-à-vis des infrasons (tableau 1.1) [1].

Pays	Etats-Unis	Nouvelle Zélande	Danemark	Suisse
Organismes	ACGIH	NZOSHS	DEPA	EKAS
Limite Niveau Moyen	inférieur à 145 dB 1/3 d'octave (1 à 80 Hz)	inférieur à 120 dB sur 24h intégré de 1 à 16 Hz	inférieur à 85 dBG intégré de 1 à 20 Hz	inférieur 135 dBA sur 8h
Limite Niveau Impulsionnel	inférieur à 150 dB	-	-	150 dBA

Tableau 1.1 : Précautions face à des niveaux moyens et impulsionnels d'infrasons, de divers pays.

Pour mesurer le niveau moyen d'infrason, il faut prendre soin d'utiliser du matériel adéquat [1] [6] :

- un microphone ayant une réponse en fréquence uniforme de 0,25 Hz à 160 Hz
- une chaîne de mesure (préamplificateur, sonomètre, analyseur de fréquence) adaptée à ce microphone. Une précision de 1 dB est souhaitée sur l'ensemble de la chaîne de mesure.

On intégrera sur 10 secondes à 1 minute les bandes de 1/3 d'octave correspondantes aux infrasons quand l'organisme référent n'aura pas précisé ni une gamme de fréquence ni un temps d'intégration.

Lorsque ce niveau dépasse celui recommandé, on choisira soit d'isoler la machine par un coffrage à l'aide de matériaux absorbants à très basse fréquence, soit de réduire le temps d'exposition des personnes. La règle vis-à-vis du temps d'exposition qui réduit de 3 dB un niveau d'exposition si le temps d'exposition est réduit de moitié, vaut autant pour les infrasons que pour le spectre audible.

2 Ultrasons

2.1 Présentation

Les ultrasons, comme les infrasons, sont des fréquences inaudibles pour l'être humain. Elles découlent en revanche d'oscillations bien plus rapides que les infrasons : supérieures à 20 000 oscillations par seconde (ou 20 000 Hz, figure 1) [1] [7] [8]. Elles ont, de fait, des longueurs d'ondes très courtes (inférieures ou égales à 17 mm). Cela a pour effet qu'elles sont rapidement absorbées dans l'air et bien plus facilement réfléchies lorsqu'elles rencontrent des obstacles que le sont les ondes provenant du spectre audible.

On retrouvera peu ces fréquences dans la nature à moins qu'elles ne soient émises par d'autres espèces telles que les chauves-souris, dauphins, oiseaux, etc... Les différentes applications industrielles qui en découlent (découpe, soudure, nettoyage, usinage, détection) en font cependant une composante spectrale qui peut être au cœur de nos métiers [1] [7] [8].

2.2 Dangérosité

Dans le cas d'une utilisation pour le contrôle et la détection, les fréquences utilisées (de l'ordre du MégaHertz) présentent très peu voire aucun danger pour l'être humain. C'est le cas de l'échographie par exemple, elle ne présente à ce jour aucun effet biologique ou physiologique indésirable.

Pour des applications industrielles dans lesquelles on choisit des ultrasons de moyenne fréquence (40 000 Hz à 100 000 Hz) - c'est le cas notamment de la soudure, du nettoyage ou de la découpe à ultrasons - l'intensité de telles ondes étant choisie pour échauffer, découper ou détruire des particules de plastique, de métal ou d'autres matériaux, des effets néfastes apparaissent si le corps humain entre en contact avec ces ondes. On distinguera deux moyens de transmission de ces ondes :

- en contact direct : l'énergie sera ici définie en Watt par centimètre carré (W/cm^2) et la dangérosité sera forte. Le seul effet répertorié est la brûlure. Elle intervient de façon immédiate ou différée, est localisée en surface puisque des tissus sous l'épiderme peuvent parfois être touchés, ce qui amène quelques

lésions graves lorsque le contact est prolongé. C'est la raison pour laquelle les bâtis des machines industrielles protègent généralement les utilisateurs des sonotrodes ou bacs de nettoyage durant les impulsions ultrasonores [1] [8].

- en contact aérien : en plus des échauffements et brûlures déjà cités, des gênes peuvent apparaître lorsque les niveaux d'ultrasons sont élevés. Sensations de fatigue, maux de tête, nausées, perte d'équilibre et acouphènes sont les gênes les plus rapportées [1] [7] [8].
Sur de très hauts niveaux (supérieurs à 120 dB), des pertes temporaires de l'audition sur les fréquences aiguës (4 à 20 kHz) peuvent survenir.

2.3 Préventions et protections

Tout comme pour les infrasons, il n'y a, à ce jour, pas de réelle législation ou réglementation nationale comme européenne mais uniquement des recommandations émises par les organismes de santé de plusieurs pays [1]. L'INRS, à partir de ces différentes recommandations, propose des valeurs limites pour chaque bande de tiers d'octave de 8 à 50 kHz à ne pas dépasser sur une durée de 8 heures d'exposition (tableau 2.1) [1].

Bande de tiers d'octave en : (kHz)	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50
Valeurs limites pour 8h d'exposition (dB)	75	75	75	75	75	110	110	110	110

Tableau 2.1: Niveaux maximaux par bande d'octave recommandés par l'INRS [1]

Pour mesurer le niveau moyen d'ultrason, le matériel nécessaire est sensiblement le même que pour les fréquences audibles. Il faudra toutefois s'assurer, à l'aide de données constructeur, que la réponse en fréquence aux très hautes fréquences n'est pas amoindrie aux alentours de 50-63 kHz.

La mesure s'effectue à la position estimée de la tête de l'utilisateur et des autres postes pouvant être présents dans la pièce. [7]

Si le niveau d'une des bandes d'octave dépasse celui prescrit par l'INRS, plusieurs solutions sont envisageables :

- isoler la machine dans une pièce dédiée,
- réaliser un capot ou un coffrage en addition du bâti de la machine : des matériaux simples comme du plexiglas ou du bois suffisent à stopper la diffusion des ultrasons,
- éloigner le poste utilisateur de la machine : l'absorption dans l'air des ultrasons est très rapide et 1 mètre d'éloignement équivaut parfois à plusieurs dB d'atténuation,
- enfin équiper les opérateurs de protections auditives adaptées : le niveau d'atténuation de la bande d'octave centré en 8 kHz (APV_{8000}) correspond généralement à l'atténuation qu'on aura aussi pour les bandes de tiers d'octave suivantes (de 8 kHz à 50 kHz).

3 Bibliographie

- [1] - CHATILLON, J. (2006), Limites d'exposition aux Infrasons et aux Ultrasons. ND 2250 INRS
- [2] - CHATILLON, J. (2011), Perception des Infrasons. Acoustique et Techniques.
- [3] - GAEBLER, S.F. (2015), Eolienne : Les infrasons portent-ils atteinte à notre santé ? Document de l'Office de la santé et de sécurité alimentaire Bavarois – Office de l'environnement Bavarois.
- [4] - MØLLER, H. et PEDERSEN, C.S. (2004), Hearing at Low and Infrasonic Frequencies. Noise and Health 6(23):37-57.
- [5] - ISO 7196 : Acoustique (1995), Pondération fréquentielle pour le mesurage des infrasons.
- [6] - DUTILLEUX, G (2014), Mesurages de niveaux sonores à basses fréquences.
- [7] - Officiel Prévention. Dossier du CHSCT.
http://www.officiel-prevention.com/sante-hygiene-medecine-du-travail-sst/lutte-contre-le-bruit/detail_dossier_CHSCT.php?rub=37&ssrub=43&dossid=343
- [8] - HERGER, F. (1997), Bruit des installations à ultrasons. SUVA Pro.