

# Pression acoustique

---

La **pression acoustique** est la valeur efficace, sur un intervalle de temps donné, de l'amplitude de la variation rapide de la pression atmosphérique qui cause une impression sonore. L'unité SI pour la pression est le pascal (équivalent au  $\text{N/m}^2$ , symbole: Pa) ; cette unité s'applique à la pression acoustique<sup>[1]</sup>.

Les variations de la pression atmosphérique capables de causer une sensation auditive peuvent s'analyser en fréquences allant de quelques hertz (unité représentant le nombre de cycles par seconde, abréviation Hz) à plusieurs milliers de hertz. Les vibrations de l'air suivent les mêmes lois physiques, qu'elles soient audibles ou non (ultrasons), aussi l'acoustique fait de l'étude de la mécanique de la transmission des vibrations et de l'étude de l'impression auditive que celles-ci provoquent deux domaines distincts, respectivement, l'acoustique physique et la psychoacoustique.

La variation de pression correspondant aux ondes sonores est d'ordinaire très petite par rapport à la pression atmosphérique (statique). Une personne parlant normalement produit une pression acoustique de l'ordre de 0,01 pascals (Pa) à un mètre de distance, dix millions de fois moins que la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer (101 300 Pa).

Cependant, la pression acoustique développe au contact d'une paroi une puissance qui permet de fabriquer des transducteurs, dans lesquels la force que produit la pression acoustique déforme une membrane conçue spécialement à cet effet, exposée sur une de ses faces à l'espace sonore, tandis que l'autre face donne sur un espace isolé des variations rapides qui conserve la pression atmosphérique moyenne. Les premiers phonographes et sonographes utilisaient directement cette énergie mécanique pour graver un support de cire ou mouvoir une pointe traceuse sur un papier<sup>[2]</sup>. Les microphones la convertissent en courant électrique. Dans l'oreille, un délicat assemblage de membranes, de petits os et de cellules cillées transforme cette même puissance en influx nerveux, à la base de la perception sonore.

## Usage de la pression acoustique

La pression acoustique est la grandeur physique la plus simple qui soit corrélée à la sensation de puissance ou de volume sonore (Sonie) : les sons que nous disons *forts* correspondent à des pressions acoustiques élevées, et si, toutes autres appréciations étant égales par ailleurs (grave ou aigu, percussif ou continu, etc), un son devient *plus fort*, c'est que la pression acoustique correspondante augmente, et inversement, si le son faiblit alors que ses autres qualités demeurent identiques, c'est que sa pression acoustique diminue.

## Quantification de la sensation sonore

Les disciplines qui doivent quantifier le son, c'est-à-dire faire correspondre à un lieu un nombre qui représente la force de la perception sonore à cet endroit se basent sur l'évaluation de la pression acoustique.

Les études d'acoustique architecturale comme les techniques en rapport avec la sonorisation, se préoccupent des moyens nécessaires pour utiliser le son comme moyen de communication. La quantification du son leur est nécessaire pour comparer des situations diverses et les moyens nécessaires pour atteindre leurs objectifs.

Les études d'acoustique environnementale ont leur origine dans les plaintes de personnes estimant que le son qui leur parvient est une gêne et une nuisance, voire une atteinte à leur santé. Comme ces plaintes donnent lieu à des débats judiciaires et à des mesures réglementaires ou législatives, elles doivent être soutenues par des mesures permettant de comparer les situations entre elles. Cette quantification vise à limiter l'ampleur des contestations et à assurer l'égalité de traitement des plaignants.

Toutefois, le rapport entre pression acoustique et sensation sonore est loin d'être simple et direct, et fait l'objet d'un champ entier d'études qui répondent aux différentes façons d'appréhender le son, soit comme instrument de plaisir et de communication, soit comme élément de gêne.

## Champ de pression acoustique

La pression acoustique variant d'un endroit à un autre, selon la propagation des ondes sonores, on peut associer à chaque point de l'espace une valeur. Cette propriété fait de l'espace sonore un champ.

La physique des champs et le formalisme mathématique qui lui est associé a produit une quantité de résultats permettant la modélisation de ces espaces.

## Physique de la pression acoustique

### Pression acoustique instantanée

La valeur de la variation de pression est appelée **pression acoustique instantanée**. On la note souvent  $p'$ , par opposition à  $p$ , qui représente la pression absolue instantanée.

La **pression acoustique** oscille autour de la pression ambiante  $P_a$  (la pression atmosphérique dans le cas de l'air). La notion de *pression acoustique instantanée* comporte une notion de différenciation implicite. On considère les variations autour d'une pression stable ; la pression atmosphérique variant, il s'agit de l'intégration des pressions sur une certaine période  $t_i$ . En un point donné, on écrit :

$$p'(t_0) = p(t_0) - P_a = p(t_0) - \int_{t=0}^{\infty} e^{-\frac{t}{\tau}} p(t_0 - t) dt$$

Il faut choisir  $\tau$  de façon à déterminer une fréquence en dessous de laquelle la variation de pression ne fait pas partie de la pression acoustique. En général, le transducteur qui sert à effectuer la mesure effectue la différenciation: les microphones ne sont pas des baromètres, même si tous deux transforment la pression en une autre grandeur.

### Puissance acoustique

Article détaillé : Intensité acoustique.

À travers une surface perpendiculaire à la direction de propagation, une onde sonore développe une puissance proportionnelle à l'aire et au carré de la pression acoustique :

$$P = S \cdot \frac{p^2}{\rho_0 c}$$

- $S$  est la surface de la paroi,
- $p$  est la pression acoustique,
- $\rho_0$  est la masse volumique de l'air (1,2 kg/m<sup>3</sup> aux conditions normales de température, d'humidité et de pression atmosphérique),
- $c$  est la vitesse du son, 343 m/s dans les mêmes conditions.

Au contact d'une paroi, la pression exerce une force qui déforme la paroi. Le produit de cette déformation par la pression et l'aire est une puissance transmise à la matière de l'objet, tandis que le reste de la puissance acoustique est réfléchi.

#### Exemple: puissance acoustique sur une membrane de microphone :

soit une membrane de microphone de diamètre 25 mm atteinte par une onde sonore perpendiculaire avec une pression acoustique efficace de 1 Pa. L'aire de la paroi est de  $5 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>, la puissance acoustique sur l'aire de la membrane est de 1,2  $\mu$ W.

Toute la puissance transmise par les microphones dynamiques vient de la vibration sonore. Si le fabricant annonce, pour ce micro, une efficacité de 2 mV hors charge pour 1 Pa avec une impédance de 200 ohms, celui-ci peut délivrer au maximum une puissance de 0,005  $\mu$ W sous forme de signal électrique décrivant l'onde sonore.

Dans cette application, on s'intéresse plus à un transfert correct de l'onde acoustique en signal électrique qu'au rendement de la conversion.

## Pression acoustique efficace (RMS)

Pour les mesures de niveau sonore, on s'intéresse moins aux valeurs de la pression sonore instantanée qu'à la puissance que les ondes sonores peuvent mobiliser, dont dépendent les effets du son, notamment sur l'oreille. C'est donc cette puissance, proportionnelle au carré de la pression acoustique, qui sert pour évaluer le niveau sonore.

La valeur efficace  $p_{eff}(t)$  de la pression acoustique se calcule sur une période d'intégration  $t_i$  :

$$p_{eff}(t) = \sqrt{\frac{1}{t_i} \cdot \int_{t-t_i}^t p'^2(t) dt}$$

Cette intégration du carré de la pression instantanée est effectuée le plus souvent par un simple circuit électronique intégrateur. Le temps d'intégration doit être suffisamment long : plusieurs fois la période de la plus basse fréquence envisagée pour la pression acoustique instantanée.

## Valeurs de la pression acoustique

Article détaillé : Décibel (bruit).

Dans les applications de communication humaine (téléphone, musique, audiovisuel), on prend en considération les fréquences de 20 Hz à 20 000 Hz, couvrant assez largement la sensibilité de l'oreille humaine.

- La valeur efficace de la pression acoustique des sons les plus ténus que l'oreille humaine soit capable de percevoir est de quelques dizaines de micropascals.
- Une conversation normale produit, pour les participants, des niveaux sonores de l'ordre du pascal.
- On considère en général que le seuil de la douleur se trouve vers 10 Pa.
- Les sons les plus forts, comme ceux de sirènes, de tirs ou d'explosion atteignent plusieurs dizaines de Pa, avec des dégâts irréversibles pour l'audition.

## Niveau de pression acoustique : dB SPL

Plutôt qu'une pression acoustique brute en pascals, on communique couramment le *niveau* de pression acoustique par rapport à une pression acoustique de référence en décibels.

- Dans l'échelle de la sonie, le seuil de la douleur auditive correspond à une pression acoustique environ un million de fois plus élevée que celle du plus faible son perceptible.
- Selon la loi de Weber-Fechner (1860), la sensibilité de l'oreille est relative, c'est-à-dire qu'une augmentation de la pression acoustique de 1 Pa à 1,5 Pa est perçue comme identique à une augmentation de 0,1 Pa à 0,15. Ce qui compte, c'est le multiplicateur (dans les deux cas, +50 %). Cette loi a été contestée depuis par Stevens (1951), mais l'usage du logarithme s'était entre-temps établi.

Le **Niveau de pression acoustique** (*Sound pressure level - SPL*) repère la valeur efficace de la pression acoustique par rapport une valeur de référence, 20 µPa. On utilise, plutôt que le rapport brut, le décibel, qui représente dix fois son logarithme décimal. Ce repère a été choisi parce que, tout en étant simple et utilisant des nombres ronds, un décibel (une variation de 12 %) représente à peu près la plus faible variation de pression acoustique que les humains puissent distinguer ; le niveau de référence, avec le même critère de simplicité, puisqu'il correspond à la pression acoustique d'une onde sonore dont l'intensité acoustique est de 1 pW/m<sup>2</sup>, correspond à un son un peu plus ténus que le plus faible que les humains puissent percevoir. On obtient ainsi un repère pratique où tous les niveaux sont des nombres positifs, et se passent de décimales. Par convention, le niveau de pression acoustique se désigne par  $L_p$ .

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{p_{eff}^2}{p_{ref}^2} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{p_{eff}}{p_{ref}} \right) \text{ dB}$$

où  $p_{ref}$  est la référence de la pression sonore, 20 µPa, et  $p_{eff}$  est la valeur efficace (*RMS sound pressure*) mesurée<sup>[3]</sup>.

**Exemple :**

- Une pression acoustique efficace de 1 Pa se dira plus couramment de 94 dB SPL. Si elle augmente jusqu'à 1,12 Pa, on dira qu'elle est passée à 95 dB SPL ;
- Une pression acoustique efficace de 0,02 Pa s'exprime comme 60 dB SPL, et si elle augmente de 12 %, comme la précédente, pour se trouver à 0,0224 Pa, on dira qu'elle a augmenté de 1 dB jusqu'à 61 dB SPL.

D'autres applications, comme l'hydrophonie, l'exploration par ultra-sons, l'étude des vibrations des matériaux, ont d'autres références. Dans le milieu liquide, un niveau de référence de 1  $\mu$ Pa est plus souvent utilisé<sup>[4]</sup>. Ces références sont définies par la norme ANSI S1.1-1994.

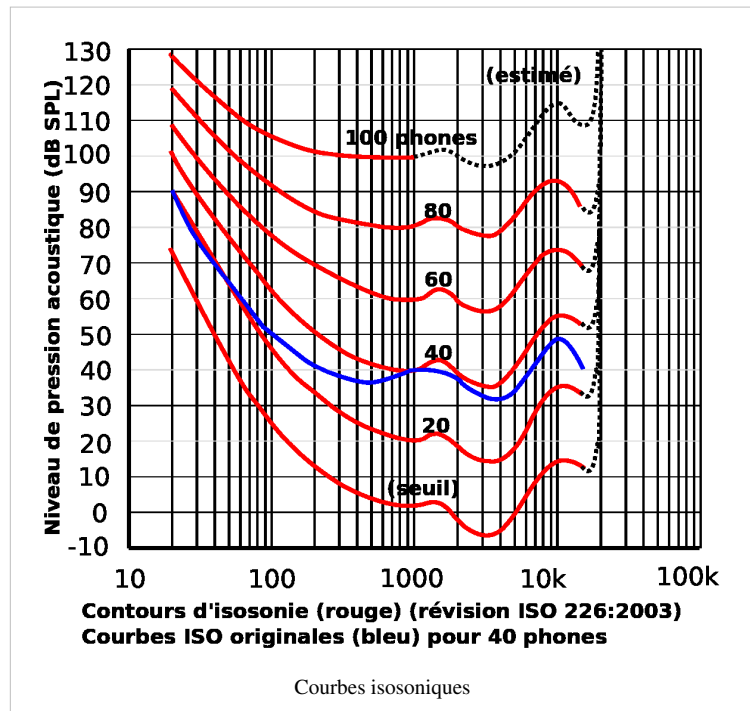
## Pression acoustique et impression sonore ou *sonie*

Article détaillé : Sonie.

L'oreille humaine est plus sensible à certains types de sons qu'à d'autres. L'impression de volume sonore dépend largement de la fréquence. De nombreux chercheurs ont établi des courbes de sensibilité aux sons purs. Ces courbes déterminent la pondération en fréquence de la pression acoustique pour obtenir des **phones**, unité de sonorité perceptive (*sonie* ou *bruyance*). À cet effet se combinent

- la sensibilité par bandes, qui fait que lorsqu'un son est composé de plusieurs bandes de fréquence, celle qui a la plus forte pression acoustique contribue plus que les autres à l'impression sonore;
- l'effet de masque, qui fait qu'un son qui représente effectivement de la pression acoustique ne participe pas à l'impression de volume, parce qu'un autre, plus fort et situé dans la même bande de fréquence, empêche de le percevoir;
- les effets temporels, qui font qu'un son paraît moins fort quand sa durée n'atteint pas un certain seuil;
- l'acoustique du local d'écoute influe sur le niveau sonore perçu; on ne ressent pas avec la même force un son diffus et un autre, identique en timbre et en pression acoustique, provenant d'une source définie.

L'établissement d'une mesure psychoacoustique de la sonorité relève d'études spécialisées.



## Pression acoustique pondérée

Pour tenir compte de la perception humaine, on effectue souvent, en mesure de bruit, une pondération des résultats par fréquence.

Articles connexes : Sonomètre et Décibel A (dB A).

## Compléments

### Articles connexes

- Intensité acoustique
- Sonie
- Son (physique)
- Acoustique
- Courbes isosoniques
- Phone

### Bibliographie

- Patrice Bourcet et Pierre Liénard, « Acoustique fondamentale », dans *Le livre des techniques du son*, tome 1 - Notions fondamentales, Paris, Eyrolles, 1987, p. 13-43
- Antonio Fischetti, *Initiation à l'acoustique : Écoles de cinéma — BTS audiovisuel*, Paris, Belin, 2001, 287 p.
- Mario Rossi, *Audio*, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2007
- Vincent Martin, *Éléments d'acoustique générale*, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2007

### Liens externes

- (en) Conversion of sound pressure to sound pressure level and vice versa <sup>[5]</sup>
- e.m.c.2 - Grandeurs acoustiques <sup>[6]</sup>

### Notes et références

[1] AFNOR. NF S30-101. Septembre 1973. *Vocabulaire de l'acoustique - Définitions générales* ; CEI : Électropédia 801-21-20 (<http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=801-21-20>).



[2] voir Enregistrement sonore

[3] Bies, David A., and Hansen, Colin. (2003). *Engineering Noise Control*.

[4] en:Underwater acoustics, C. L. Morfey, *Dictionary of Acoustics* (Academic Press, San Diego, 2001).

[5] <http://www.sengpielaudio.com/calculator-soundlevel.htm>

[6] <http://e.m.c.2.free.fr/acoustique.htm>

-  Portail de la physique
-  Portail de la musique

# Sources et contributeurs de l'article

**Pression acoustique** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=93426535> *Contributeurs*: Alasjourn, Badmood, Briling, Cloullin, Coyote du 86, Dhatier, FDo64, Fm790, Goel, Guillom, Gzen92, Leag, Linscool, Pautard, Pierre Jouve, PolBr, Quentin.bl, Softélec, Wfplb, 15 modifications anonymes

## Source des images, licences et contributeurs

**File:ISO226-2003-fr.svg** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:ISO226-2003-fr.svg> *Licence*: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs*: User:PolBr

**Fichier:Logo physics.svg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Logo\\_physics.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Logo_physics.svg) *Licence*: Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs*: Guillom, Karelj, Liquid 2003, Rocket000, 1 modifications anonymes

**Fichier:Musical notes.svg** *Source*: [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Musical\\_notes.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Musical_notes.svg) *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Alex299006, Bender235, Booyabazooka, Jarekt, Myself488, Palosirkka, PieRRoMaN, Sakarie, Str4nd, Tshotch, 12 modifications anonymes

## Licence

---

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0  
[//creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

---