1.2 Notions d'acoustique

H. Lissek

11 septembre 2025

BA5 - Electroacoustique

Objectifs

Ce cours a pour objectifs

- d'une part, de rappeler les notions de bases en électricité, mécanique et acoustique utiles pour appréhender l'ensemble du cours d'électroacoustique ;
- d'autre part, d'introduire des notions spécifiques à l'électroacoustique.

Signal sinusoïdal

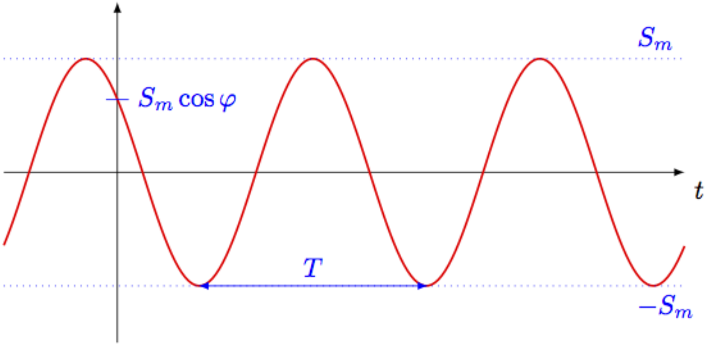
Un signal sinusoïdal est un signal dont l'amplitude dépend du temps suivant une loi sinusoïdale. Son expression mathématique $s(t)$ est donnée par la relation suivante :

$$s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi)$$

où :

- S_m représente l'amplitude maximale ou la valeur de crête du signal sinusoïdal.
- φ représente la phase, en radians, par rapport à l'origine des temps.
- ω est la pulsation est peut s'exprimer en fonction de la période T par la relation $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$
- La fréquence f du signal sinusoïdal est l'inverse de la période T :

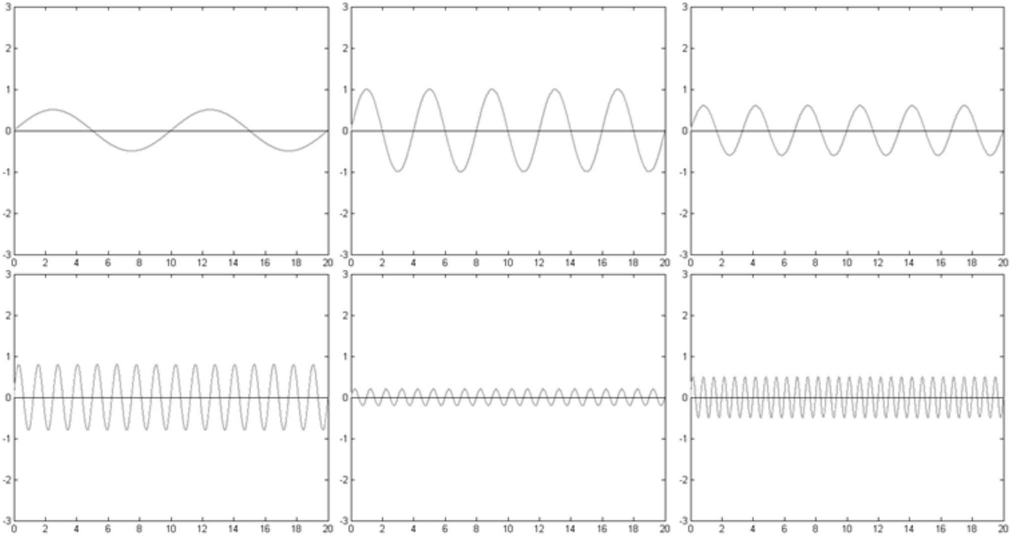
$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}.$$



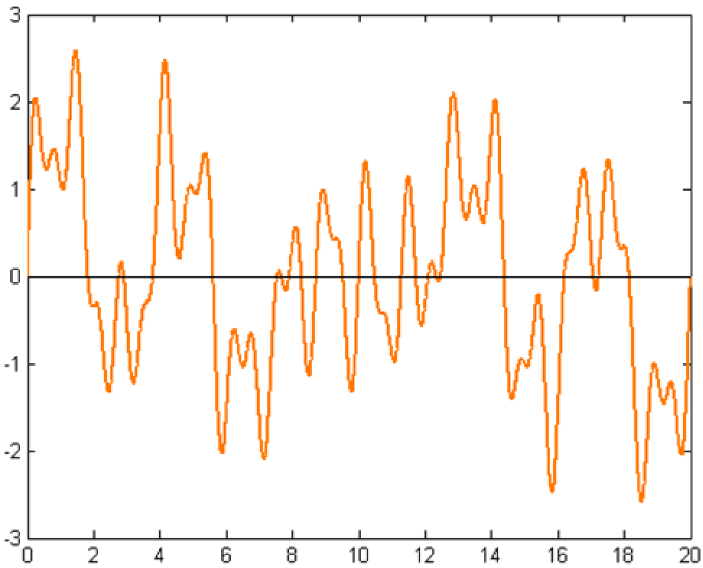
Play

Signaux réels

- Le signal sinusoïdal n'est pas rencontré très fréquemment dans la vie réelle. Ainsi, la majorité des signaux acoustiques sont des signaux plus complexes, contenant un grand nombre de fréquences. Ces signaux peuvent être périodiques ou non périodiques, leurs propriétés peuvent être stationnaires ou peuvent varier au cours du temps.
- On utilise alors l'analyse de Fourier pour laquelle les signaux complexes sont traités comme une superposition de signaux sinusoïdaux. Ainsi, les systèmes électroacoustiques présentés dans ce cours seront étudiés fréquence par fréquence. Cette approche est également appelée analyse harmonique.



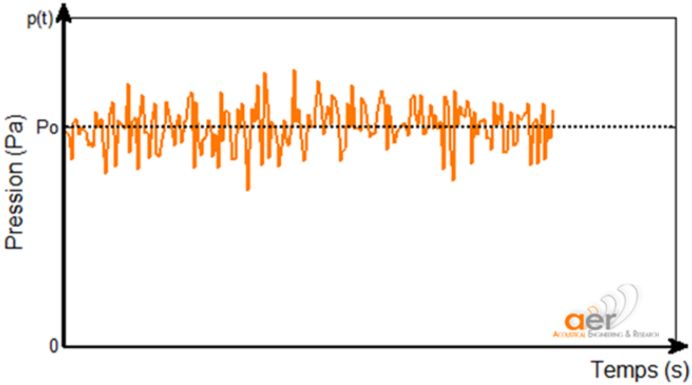
Play



Play

Bruit

Un bruit est un signal (complexe) aléatoire



Play

Signaux - Notation complexe

- En régime harmonique, on utilise la notation complexe : $s(t) = S_m e^{j(\omega t+\varphi)}$ pour représenter le signal. Le signal physique correspond à la partie réelle du signal complexe : $\Re[s(t)] = S_m \cos(\omega t + \varphi)$.
- Pour alléger la notation, on se contente d'utiliser l'amplitude complexe $\underline{s}$: $\underline{s} = S_m e^{j\varphi}$
- La notation complexe permet de simplifier les calculs mathématiques, ainsi :
  - La dérivation par rapport au temps devient une multiplication : $\dfrac{\partial \underline{s}}{\partial t} \Rightarrow j\omega \times \underline{s}$;
  - Tandis que, l'intégration par rapport au temps devient une division : $\displaystyle\int \underline{s} dt \Rightarrow \frac{\underline{s}}{j\omega}$.

Valeurs efficaces, maximales et moyennes

Pour les signaux variant au cours du temps, il est utile de connaître des valeurs les caractérisant sur une durée d'observation notée T_o.
Les valeurs suivantes sont classiquement utilisés.

- Les valeurs maximales et minimales du signal $S(t)$ sont respectivement les valeurs de plus forte et de plus faible amplitude observée sur la période T_o.
- La valeur moyenne S_{moy} d'un signal est donné par :

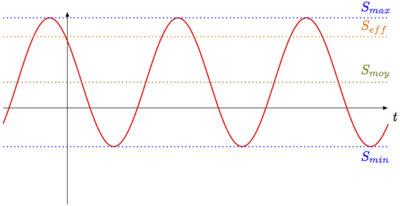
$$S_{moy} = \frac{1}{T_o} \int_t^{t+T_o} s(t)dt$$

- La valeur efficace d'un signal est donnée par la relation suivante :

$$S_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T_o} \int_t^{t+T_o} s^2(t)dt}$$

Pour les signaux périodiques les valeurs moyenne et efficace se calculent sur un nombre entier de périodes.

- Illustration pour un signal sinusoïdal avec composante continue ($=S_{moy}$) :



Exemple : Calculer la valeur efficace du signal $s(t) = S_m \sin(\omega t + \phi)$.

Grandeurs électriques

- La tension électrique est la circulation du champ électrique le long d'un circuit. Elle est symbolisée par la lettre u et s'exprime en Volt (V).
- L'intensité du courant électrique mesure le débit des charges électriques à travers la surface conductrice considérée. Elle est généralement notée i et se mesure en Ampère (A).

Grandeurs mécaniques - Simplification 1D

Une grande partie des phénomènes étudiés dans ce cours d'électroacoustique sera traitée de façon unidimensionnelle.

Par exemple, le mouvement de la membrane d'un haut-parleur est guidé suivant une direction particulière (son axe de symètrie).

Alors que les grandeurs physiques à trois dimensions sont décrites par des vecteurs, on simplifiera l'écriture pour le cas à une dimension. Ainsi, on utilisera le module de la grandeur pour décrire son intensité et un signe pour décrire son sens.

Grandeurs mécaniques

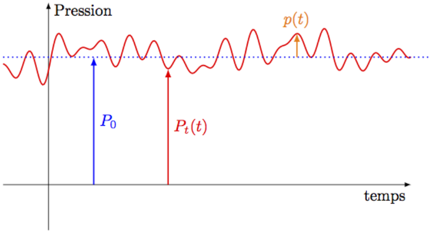
Les grandeurs mécaniques utilisées dans ce cours sont les suivantes :

- La position d'un système mécanique sera notée $\xi(t)$. Elle s'exprime en mètre (m).
- La vitesse instantanée est obtenue en dérivant la position par rapport au temps : $v(t) = \frac{d\xi(t)}{dt}$. Elle s'exprime en mètre par seconde ($\mathrm{m.s^{-1}}$).
- L'accélération indique la modification de la vitesse au cours du temps. L'accélération instantanée est donnée par :$a(t) = \frac{dv(t)}{dt}$. Son unité est le mètre par seconde carrée ($\mathrm{m.s^{-2}}$).
- Une force permet de décrire l'interaction physique entre deux systèmes capable de provoquer ou de modifier un mouvement. Elle est généralement symbolisée par la lettre $F(t)$ et s'exprime en Newton (N).

Grandeurs acoustiques - Pression acoustique

Dans le cadre de ce cours nous nous intéresserons aux ondes acoustiques se propageant dans l'air. Pour caractériser une onde acoustique, on utilise habituellement les grandeurs suivantes : pression acoustique, vitesse acoustique (ou particulaire) et "débit volumique".

- La pression acoustique correspond aux variations de la pression atmosphérique P_0 au passage de l'onde acoustique. Elle s'exprime en Pascal (Pa) et est généralement désignée par le symbole $p(t)$.
  La pression totale (mesurée en un point quelconque du fluide) $p_t(t)$ est alors donnée par : $p_t(t) = P_0 + p(t)$. C'est une grandeur scalaire.



Grandeurs acoustiques - Vitesse acoustique et débit volumique

- Lorsque qu'une onde acoustique se propage dans l'air, celle-ci met en vibrations les particules du fluide qui vibrent autour de leur position de repos à la vitesse $v(t)$.
- Le débit volumique $q(t)$ mesure le flux de cette vitesse à travers une surface . Son unité est le mètre cube par seconde $(m^3.s^{-1})$. Le débit acoustique est également une grandeur scalaire.

Ex : le débit volumique d'un piston de surface S vibrant à la vitesse v vaut

$$q = \int_S v dS = vS$$

Attention à ne pas confondre la vitesse $v(t)$ qui correspond à la vitesse de vibration des particules de fluide avec la célérité du son qui correspond à la vitesse de propagation des ondes sonore.

Définition du décibel

Le bel est une unité logarithmique qui permet de quantifier une grandeur relative, cette dernière étant obtenue en effectuant le rapport de la grandeur d'intérêt G par une grandeur de référence G_{ref}. Le décibel est le dixième du bel.

- Si on considère la grandeur de puissance G (intensité ou puissance acoustique, intensité ou puissance électrique, etc.), le niveau L_{dB} en décibel se calcule en utilisant la relation suivante :

$$L_{dB} = 10 \log \frac{G}{G_{ref}} \text{ (dB)}$$

- Pour les "grandeurs de champs" g (vitesse, pression, force, tension électrique...), qu'il faut élever au carré pour obtenir une puissance, la niveau en décibel s'obtient par la relation suivante :

$$L_{dB} = 20 \log \frac{g}{g_{ref}} \text{ (dB)}$$

Exemples d'utilisation

Le décibel est utilisé dans de nombreux domaines de la physique (électronique, acoustique, audio, etc.). Cette unité possède alors différentes définitions correspondant à différentes valeurs de référence G_{ref} et peuvent être distinguées par l'utilisation de symboles différents :

- Électronique : dBW, dBV...
- Audio : dBu, dBFs...
- Acoustique : dB A, dB C, dB HL...

Il existe donc de nombreux décibels, qui ne sont pas comparables entre eux. L'utilisation de ce type d'unité nécessite donc une parfaite connaissance de la définition du décibel considéré.

Gain et atténuation en décibel

Le décibel peut également être utilisé pour exprimer le gain ou l'atténuation d'un système. Par exemple, le gain en décibel G_{dB} d'un amplificateur sera obtenu à partir du quotient de la tension de sortie u_s par la tension d'entrée u_e. La calcul de G_{dB} s'effectue grâce à la relation suivante :

$$G_{dB} = 20 \log \frac{u_s}{u_e} \text{ (dB)}$$

Niveau de pression acoustique

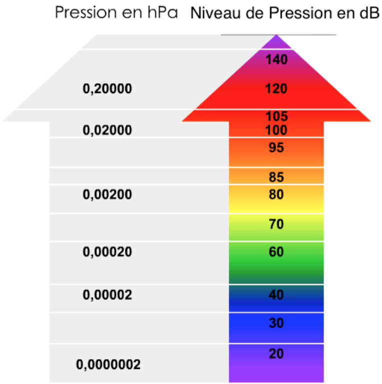
Le niveau de pression acoustique permet d'exprimer la pression acoustique en décibel. Il se calcule à partir de l'équation suivante :

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

où la pression efficace p_{eff} est donnée par :

$$p_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T_o} \int_t^{t+T_o} p^2(t) dt}$$

La pression de référence $p_{ref} = 20\ \mu\text{Pa}$ correspond au seuil d'audibilité moyen à 1000 Hz.



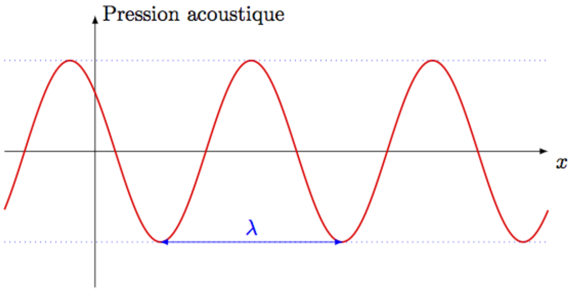
Play

Play

Play

Célérité

Les ondes acoustiques se propagent dans les fluides non dissipatifs à une vitesse qui ne dépend pas de la fréquence. On dénomme généralement cette vitesse célérité que l'on symbolise par la lettre c. Considérons un son sinusoïdal pur de fréquence f se propageant suivant une direction de l'espace, par exemple l'axe (Ox). L'allure de la pression acoustique suivant cet axe, à un temps t fixé, est celui d'une fonction sinusoïdale :



Dans l'air à 20° C, c =340 m.s^{-1}

Longueur d'onde

On définit alors la longueur d'onde λ comme étant l'équivalent spatial de la période temporelle. C'est la plus petite distance pour laquelle, à un instant t fixé, l'onde sonore se reproduit à l'identique.
La longueur d'onde correspond également à la distance parcourue par une onde acoustique pendant la période T. Comme l'onde se propage à la célérité c, on obtient alors la relation suivante entre les différentes grandeurs associées :

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}$$

Pour les sons du domaine audible, la longueur d'onde varie dans de fortes proportions : de 17 m à 20 Hz jusqu'à 17 mm à 20000 Hz. On remarque que la longueur d'onde peut donc être très grande ou très petite par rapport à la taille des objets de la vie courante.

Puissance

La puissance mesure la quantité d'énergie fournie par un système à un autre par unité de temps. Elle s'exprime en Watt (W). Le symbole utilisé dans ce cours est le suivant : $\mathcal{P}$. La puissance instantanée correspond à la dérivée de l'énergie E par rapport au temps :

$$\mathcal{P}(t) = \frac{dE}{dt}$$

Il est souvent intéressant de calculer la puissance moyenne $\mathcal{P}_{moy}$ sur la durée d'observation T_o :

$$\mathcal{P}_{moy} = \frac{1}{T_o} \int_t^{t+T_o} \mathcal{P}(t) dt$$

Pour les trois domaines qui nous intéressent plus particulièrement dans ce cours, les puissances instantanées sont définies par les produits des grandeurs de champ suivants :

- Puissance électrique : $\mathcal{P}_e(t) = u(t)i(t)$.
- Puissance mécanique : $\mathcal{P}_m(t) = F(t)v(t)$.
- Puissance acoustique : $\mathcal{P}_a(t) = p(t)q(t)$.

Intensité

L'intensité mesure la répartition de la puissance dans l'espace et correspond à une puissance par unité de surface. Elle est donc définie selon :

$$\mathcal{P}_{moy} = \int_S IdS$$

Ex : si on suppose une source omnidirectionnelle de puissance $\mathcal{P}_0$, l'intensité à la distance r de la source est $I(r) = \dfrac{\mathcal{P}_0}{4\pi r^2}$

Transducteurs - Définitions

Un transducteur ou traducteur est un dispositif qui convertit un signal sous une forme d'énergie donnée vers une autre forme d'énergie.

En électroacoustique, les transducteurs les plus couramment rencontrés sont les microphones, les hydrophones, les haut-parleurs et les accéléromètres.

Types de transducteurs

Parmi les transducteurs couramment utilisés en acoustique, on distingue :

- Les **capteurs**, transformant une grandeur acoustique ou mécanique en une grandeur électrique, par exemple :
  - Les microphones ;
  - Les accéléromètres...
- Les **sources**, transformant une grandeur électrique en une grandeur acoustique ou mécanique, par exemple :
  - Les haut-parleurs ;
  - Les écouteurs ;
  - Les pot-vibrants...

Sensibilité et efficacité - Définition

La sensibilité ou l'efficacité d'un transducteur correspond au rapport de la valeur de la grandeur de sortie sur la valeur de la grandeur d'entrée pour une fréquence spécifiée. Il convient de préciser les conditions dans lesquelles la mesure de ces grandeurs d'entrée et de sortie a été effectuée (quels sont la fréquence et le niveau d'excitation appliqués, etc.). Pour les capteurs, le terme de sensibilité est utilisé, tandis que pour les sources, on parle plus volontiers d'efficacité.

Sensibilité d'un microphone

La **sensibilité** M d'un **microphone** est donnée par :

$$M = \frac{u}{p}$$

où u est la tension de sortie du microphone, tandis que p est la pression acoustique à laquelle est soumis le microphone.

Le rapport doit être effectué sur deux grandeurs de même nature mathématique : deux valeurs efficaces ou deux valeurs maximales.

La sensibilité d'un microphone s'exprime généralement en mV/Pa ou V/Pa, mais elle peut aussi s'exprimer en décibel en calculant la sensibilité relative :

$$L_M = 20 \log \frac{M}{M_{ref}} \text{ (dB)}$$

où M_{ref} est la sensibilité de référence. La valeur de cette dernière peut différer suivant les fabricants (1 V/Pa, 1V/μBar,...).

Efficacité d'une source

Pour une **source**, l'**efficacité** E est donnée par :

$$E = \frac{p}{U}$$

où u est la tension fournie à la source tandis que p est la pression acoustique émise par la source à une position donnée. Son unité est alors le Pascal par Volt (Pa/V).
Pour les haut-parleurs, on utilise plus volontiers l'efficacité caractéristique qui correspond au niveau pression acoustique dans l'axe à 1 m pour un haut-parleur monté dans un écran et alimenté par un bruit rose de puissance 1 W. Ce bruit rose est filtré pour épouser la bande passante du haut-parleur.
Cette quantité est parfois dénommée à tort rendement.

un bruit rose est un signal aléatoire dont la puissance est proportionnelle à l'inverse de la fréquence.

Play

Bruit Rose

Play

Bruit Blanc

Réponse en fréquence

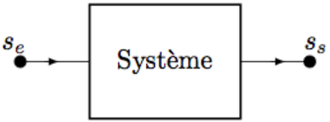
La réponse en fréquence d'un système électroacoustique mesure le spectre de sa grandeur de sortie lorsqu'un signal d'entrée couvrant la bande fréquentielle d'intérêt lui est appliqué.

La réponse en fréquence contient des informations d'amplitude et de phase relative au signal d'entrée. Cependant, un grand nombre de fabricants ne fournit que la courbe d'amplitude sans préciser la réponse en phase.

Différents types de signaux d'entrée permettent de mesurer la réponse en fréquence, comme par exemple, un signal sinusoïdal de fréquence variable mais d'amplitude constante, une impulsion, ou encore un bruit rose.

Fonction de transfert

La fonction de transfert H d'un système linéaire se calcule à partir des amplitudes complexes du signal d'entrée s_e et du signal de sortie s_s.



Elle est donnée par l'équation suivante :

$$H = \frac{s_s}{s_e}$$

La réponse en fréquence des systèmes audio est généralement une grandeur complexe dépendant de la fréquence.

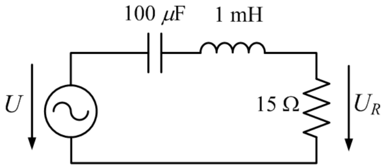
Diagramme de Bode

Le diagramme de Bode est utilisé pour représenter les réponses en fréquence ou les fonctions de transfert. Il se trace habituellement en fonction du logarithme de la fréquence ou de la pulsation. Il contient deux graphes :

- Le premier graphe, lié à l'amplitude, représente la fonction $20 \log |H|$, dont l'unité est le décibel.
- Le deuxième graphe, lié à la phase, représente la fonction $\arg(H)$.

Exemple de diagramme de Bode

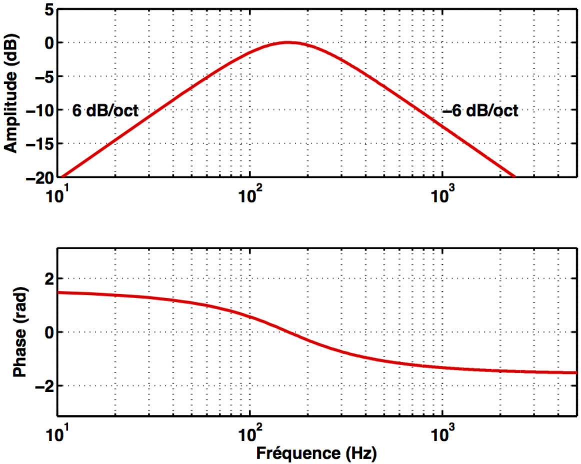
Considérons le circuit électrique suivant :



La fonction de transfert entre la tension aux bornes de la résistance et la tension alimentant le circuit RLC est donnée par :

$$|H(f)| = \left|\frac{U_R}{U}\right| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

Le diagramme de Bode de $H(f)$ est donné ci-dessous :



Pentes des asymptotes

Il est possible de voir apparaitre des tronçons de droites dont il peut être utile de préciser la pente. Cette dernière s'exprime généralement en dB par octave ou en dB par décade.

Une octave (et respectivement une décade) est l'intervalle séparant deux sons dont la fréquence fondamentale de l'un est deux fois (et respectivement dix fois) plus élevée que celle de l'autre.

- Octave : Play
- Decade : Play

Pentes des asymptotes

Dans une zone de fréquences où la réponse est proportionnelle à ω^n, la différence de niveau entre les réponses à 2ω et à ω vaut

$$20\log(2\omega)^n - 20\log\omega^n = 20\log\frac{(2\omega)^n}{\omega^n} = 20\log 2^n = n \times 20\log 2 \simeq 6n.$$

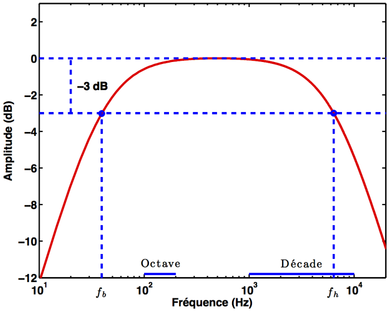
Ainsi, par exemple, le diagramme de Bode en amplitude d'un système pour lequel $n = 2$ (c'est à dire un système pour laquelle la fonction de transfert est proportionnelle à ω^2) présentera donc une pente de 12 dB/octave.

Par le même type de raisonnement, on peut montrer que les pentes en décade sont proportionnelles à $20n$.

Il est également d'usage de préciser, pour les pentes obtenues, uniquement la valeur de n sur l'intervalle considéré, par exemple $+1$ pour une pente de 6 dB/oct.

Bande passante

La bande passante est un intervalle de fréquences pour lequel l'amplitude de la réponse (dynamique) d'un système est comprise entre deux valeurs limites. Elle s'étend de la fréquence de coupure basse f_b à la fréquence de coupure haute f_h.
Les fréquences de coupures sont usuellement définie à ± 3 dB par rapport à un niveau de référence correspondant au fonctionnement normal du système.



Quelques remarques

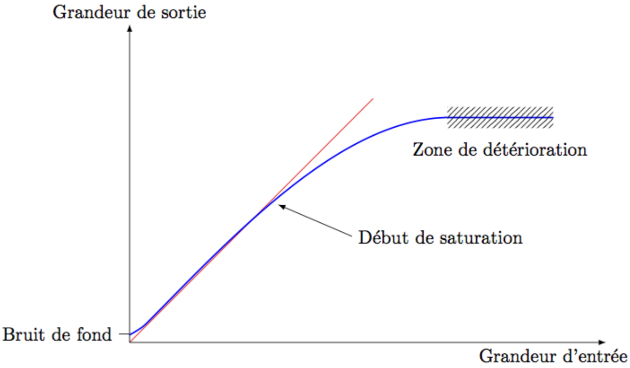
- Les bandes passantes peuvent être calculées avec d'autres valeurs pour les tolérances :
  - Plus strictes : par exemple ± 1 dB pour les accéléromètres ou les microphones de mesure
  - Moins strictes : pour éviter de découper la bande passante en morceaux, par exemple ± 10 dB pour les prothèses auditives.
- Il est impératif de préciser la tolérance utilisée, par exemple : 70-9500 Hz à ± 1 dB. Dans certains cas, la tolérance peut être implicite car définie par une norme, elle n'est alors pas forcément rappelée sur les documentations techniques.
- D'une manière générale, les conditions de mesure devraient être précisées, par exemple : quelle est la charge électrique appliquée au transducteur, quel est le niveau du signal d'entrée...

Exemples de Bandes passantes

- Fréquences audibles par l'oreille humaine : $20 - 20000$ Hz
  - Ces limites ne sont pas immuables : la limite haute fluctue largement avec l'âge, de plus, des sons de fréquence inférieure à 20 Hz peuvent être perçus par l'oreille pour de très forts niveaux.
- Voix : 80 % de l'information est compris dans la bande $\simeq 400 - 4000$ Hz
- Téléphone : $\simeq 300 - 3400$ Hz
- Illustration sonore :
  - Signal original : Play
  - Téléphone : Play

Dynamique - Plage de fonctionnement linéaire

Si l'on représente la valeur efficace de la grandeur de sortie d'un système linéaire réel en fonction de la grandeur d'entrée, on remarque que la linéarité n'est observée que sur un intervalle limité, par le bruit de fond à bas niveau (la valeur efficace de la grandeur de sortie ne peut pas être plus faible que la valeur efficace du bruit de fond) et par les limites physiques du système à fort niveau (saturation).



Bruit de Fond

Le bruit de fond désigne les signaux parasites présents à la sortie d'un système électroacoustique indépendamment du signal fourni à son entrée. Il se décompose en une partie intrinsèque, propre au système considéré, et en une partie extrinsèque liée aux influences extérieures.

- Parmi les **bruits intrinsèques**, on rencontre le bruit thermique, lié au mouvement des électrons dû à la température et le bruit de grenaille lié aux fluctuations de courant dans les semi-conducteurs. Ces deux bruits sont généralement blancs, leur amplitude étant constante en fonction de la fréquence. Le bruit en $1/f$ lié aux fluctuations de courant dues aux inhomogénéités, mauvais contacts, etc. possède une densité de puissance qui varie approximativement en $1/f$. Il sera donc particulièrement gênant aux basses fréquences.

Bruit de Fond

Le bruit de fond désigne les signaux parasites présents à la sortie d'un système électroacoustique indépendamment du signal fourni à son entrée. Il se décompose en une partie intrinsèque, propre au système considéré, et en une partie extrinsèque liée aux influences extérieures.

- Une partie des **bruits extrinsèques** est due aux phénomènes électromagnétiques externes, comme par exemple les ondes radio, les répétitions des impulsions radars, le secteur, les alimentations à découpage, etc. Une autre partie peut être due à des vibrations mécaniques, par exemple les vibrations de la perche engendrées par les doigts d'un preneur de son peuvent venir perturber la tension de sortie du microphone. Dans le cas de mesures acoustiques, le bruit ambiant lié au transport, aux équipements techniques des bâtiments, au voisinage, etc. vient s'ajouter au signal généré par la source d'intérêt.

Niveau maximum

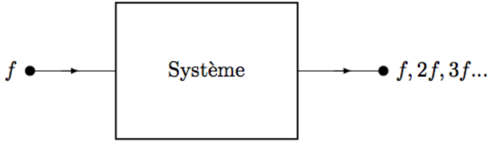
À partir d'un certain niveau d'entrée, un système ne peut plus répondre linéairement à la sollicitation qui lui est fournie, par exemple parce qu'il arrive proche de ses limites de fonctionnement (débattement mécanique maximum, saturation électrique...). La valeur de la grandeur de sortie tend alors vers une asymptote horizontale.

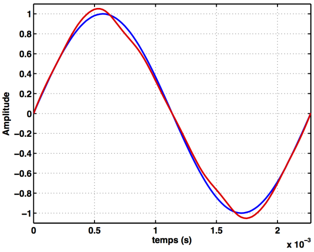
Si l'on continue d'augmenter le niveau d'entrée, on risque alors d'endommager voir de détruire le dispositif. Il n'est pas rare de rencontrer des enceintes dont le haut-parleur d'aigu a été cassé après avoir été utilisé à trop fort niveau.

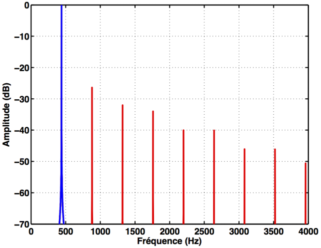
Il est donc nécessaire de disposer d'un indicateur de niveau maximum d'utilisation permettant de garantir à minima la non-détérioration du dispositif ou encore la linéarité de la relation entrée sortie. Un des indicateurs classiquement utilisé est la distorsion harmonique.

Distorsion harmonique

La distorsion harmonique se caractérise par l'apparition de composantes harmoniques de fréquences $n \times f$ dans le signal de sortie lorsqu'un signal sinusoïdal de fréquence f est appliqué à l'entrée.







Distorsion harmonique

Afin de quantifier la distorsion, il est possible de calculer le taux de distorsion harmonique global à l'aide de l'équation suivante :

$$d_g = 100 \cdot \frac{\sqrt{a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + \ldots a_i^2 \ldots + a_n^2}}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \ldots a_i^2 \ldots + a_n^2}} = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{n} a_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} a_i^2}} \ (\%)$$

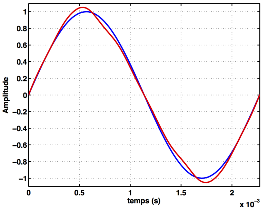
où a_1 est la valeur efficace de la composante fondamentale tandis que les valeurs a_n (pour $n > 1$) correspondent aux valeurs efficaces des composantes harmoniques.

Ainsi, les fabricants de microphone de mesure fournissent la valeur du taux distorsion pour un niveau de pression acoustique donné, par exemple 0,1 % à 140 dB, spécifiant ainsi un fonctionnement satisfaisant jusqu'à ce niveau.

Pour les haut-parleurs, on donne généralement la puissance électrique maximale que celui-ci a pu supporter pendant au moins 8 heures sans être endommagé. On remarque que cette indication ne donne pas de garantie de fidélité de reproduction, la distorsion pouvant être très élevée proche du niveau maximal d'entrée.

Exemple de distorsion

Illustration pour une fréquence fondamentale de 440 Hz et un taux de distorsion de 6 %



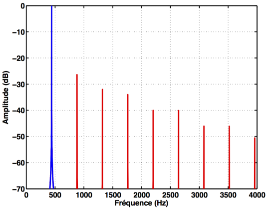
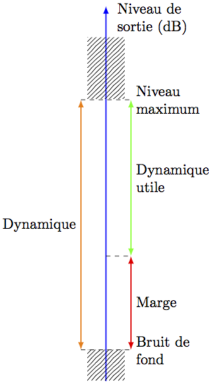


Illustration sonore

- Linéaire : Play
- 3% THD : Play
- 6% THD : Play

Dynamique utile

La connaissance du bruit de fond et du niveau maximum permet de connaître la dynamique du système qui exprime, en décibels, le niveau relatif des valeurs maximale et minimale.
Il peut être intéressant, pour garantir une qualité minimale, d'imposer des valeurs de la grandeur de sortie bien plus grande que le bruit de fond. On choisit alors une marge en dB par rapport au bruit de fond qui donne une dynamique utile plus faible que la dynamique du système.



Exemple : Un microphone possède un niveau de bruit de fond de 24 dB à 1000 Hz et peut capter un niveau de pression maximum de 120 dB en restant relativement linéaire. Quelle est sa dynamique ? Quelle est la dynamique utile si je désire conserver une marge de 20 dB par rapport au bruit de fond ?

Directivité

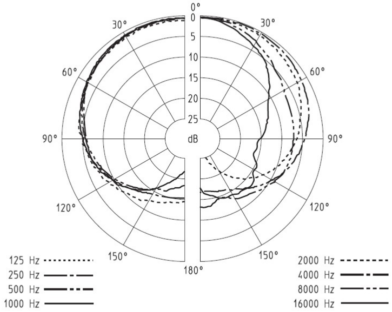
La directivité représente la variation de la réponse d'un transducteur en fonction de la direction. Beaucoup de transducteurs possédant une symétrie axiale, on s'intéressera donc à la directivité dans un plan contenant l'axe de symétrie, qui est généralement choisi comme référence angulaire ($\theta = 0$). Différents types de directivité sont habituellement distinguées :

- Omnidirectionnalité : réponse identique quelle que soit la direction
- Unidirectionnalité : une direction privilégiée
- Bidirectionnalité : deux directions opposées privilégiées

Diagramme de directivité

Le diagramme de directivité représente la variation de la réponse d'un système en fonction de la direction. Les valeurs apparaissant sur ce diagramme sont généralement normalisées par la valeur correspondant à une direction définie (généralement, la direction correspondant à une valeur maximale de la réponse). Les graphes peuvent représenter les grandeurs linéaires ou exprimées en dB.

Directivité d'un microphone Sennheiser pour différentes fréquences

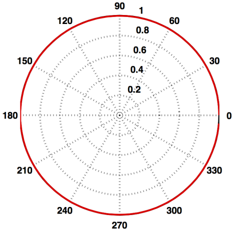


Directivités usuelles

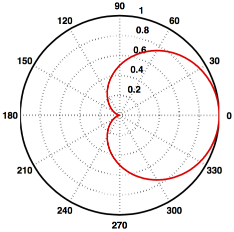
On distingue les principaux types de directivité suivants :

- Omnidirectionnel : réponse identique quelque soit la direction
- Unidirectionnel : une direction privilégiée
- Bidirectionnel : deux directions opposées privilégiées

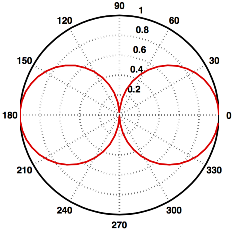
Omnidirectionnel



Unidirectionnel



bidirectionnel



Ordres de grandeurs

A titre d'exemple, le schéma ci-dessous donne des valeurs typiques de grandeurs physiques en différents points d'une chaine électroacoustique.