



# QUELLES SOLUTIONS DE MESURES ? INTRODUCTION AU PROTOCOLE EN « U »

Le décibel, les pondérations, les difficultés  
Réflexions, solutions

**PESLIN Arnaud**

Ingénieur du son / Ancien directeur technique  
de L'Echonova / Consultant Freelance

# Introduction

- Agi-Son a rencontré plus de 800 professionnels, lors des 15 rencontres en région organisées durant son « Tour de France »
- Parmi les questions récurrentes reviennent notamment la problématique de l'emplacement du ou des points de mesure, ainsi que beaucoup d'interrogations à la fois sur la méconnaissance du dB (C), sa pertinence, ainsi que l'écart choisi entre dB (A) et dB (C) – Pour mémoire 16dB
- Cette présentation tentera de préciser ces questions, en rappelant quelques bases d'acoustique et de mesure du décibel, ainsi que la méthodologie proposée par David Rousseau et Agi-Son.
- La durée de la présentation étant très courte (10-15 minutes), il est impossible d'être exhaustif, j'utiliserai donc volontairement quelques raccourcis.

# Le décibel

- C'est une unité de grandeur définie comme 10 fois le logarithme décimal du rapport entre 2 puissances ou intensités -> Echelle logarithmique = non linéaire
- En acoustique, cette valeur indique implicitement le rapport entre la valeur mesurée et la valeur de référence qui correspond à un son trop faible pour être entendu (seuil d'audition)

# Rapports

- Rapports puissance / décibels ( $10\log_{10} L1/L2$ )

Rapport	1	1,26	1,6	2	2,5	3,2	4	5	10	40	100	1000
dB	0	1	2	3	4	5	6	7	10	16	20	30

- Rapports surface (distance) / décibels ( $20\log_{10} L1/L2$ )

Rapport	1	1,12	1,26	1,4	2	2,8	3,2	5	8	10	32	100
dB	0	1	2	3	6	9	10	14	18	20	30	40

# Observations

- On ne peut pas mesurer un niveau d'intensité acoustique sans tenir compte de la distance (ou de la surface)
  - Une valeur en dB sans indication de la distance par rapport à la source, ne veut rien dire. Elle doit être précisée
  - Pour être représentatif d'une surface il faut établir une cartographie des niveaux sonores dans l'espace à étudier
- Il y'a donc une difficulté d'interprétation de la notion de « en tout point accessible au public » présente dans le décret
  - Cette notion se comprends parfaitement d'un point de vue de la prévention et de la santé publique générale (elle doit s'appliquer à tous)
  - Elle est antinomique avec une mesure objective de la pression acoustique en un point donné. Faut il mesurer à l'endroit le plus défavorable (et comment le définir) ou faudrait il faire autant de mesures que de spectateurs ? (salle vide ? salle pleine ?)
  - Comme Agi-Son et les acousticiens l'ont démontrés, les niveaux les plus élevés en dB (A) et en dB (C) ne se mesureront ni au même endroit de l'espace mesuré, ni au même moment.

# Psycho acoustique

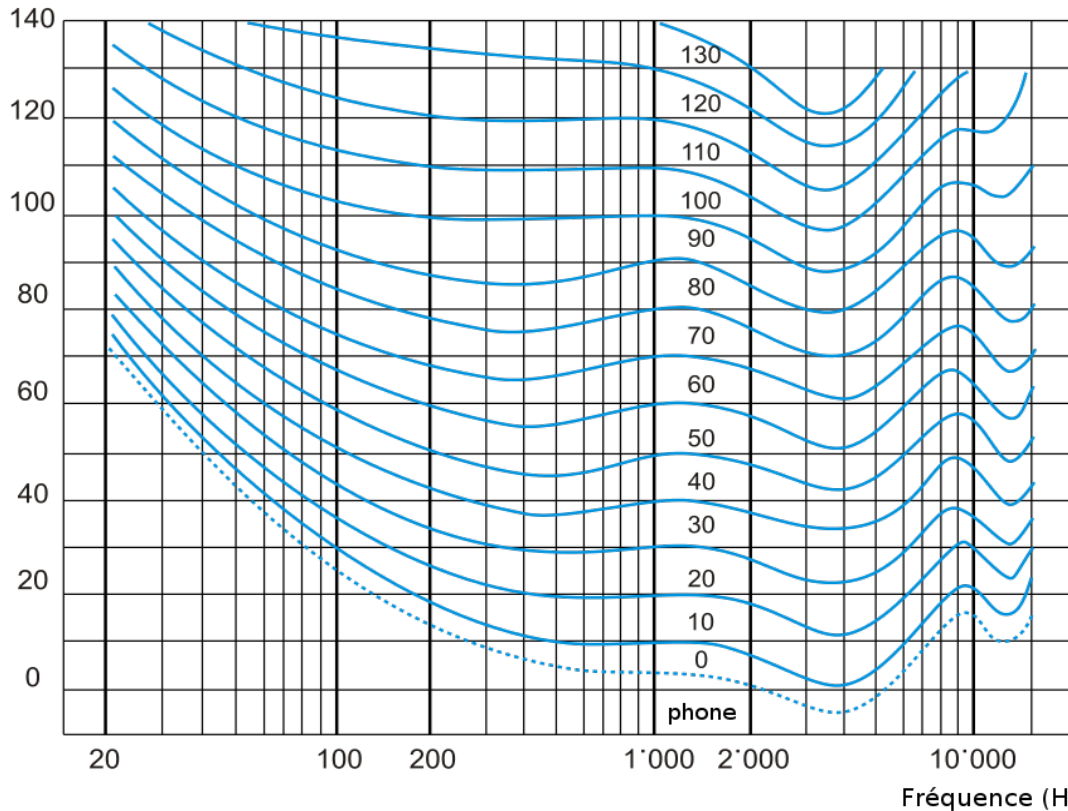
- La psycho acoustique étudie la perception des sons par les êtres humains.
- La quantité de son dépend non seulement de la quantité d'énergie (la pression acoustique), mais aussi de la fréquence et de l'harmonie des sons.
- L'oreille humaine ne perçoit que les fréquences comprises entre environ 20 Hertz et 20 kilohertz, et est particulièrement sensible aux sons d'environ 3000 Hertz. Un son à 3000 Hertz est perçu comme plus fort qu'un son avec le même niveau de pression sonore à 100 Hertz ou à 10000 Hertz.

# Courbes isosoniques

- La relation entre le niveau de sonie et la fréquence perçue est décrite dans des courbes « d'égalité de volume » ou courbes isosoniques (exprimé en phone)
- Aucune oreille humaine n'est identique, et de plus la capacité d'entendre diminue avec l'âge. Les courbes seront donc différentes pour chaque personne
- Il existe plusieurs courbes de volume égal, les première, les plus connues étant celles de Fletcher & Munson (1933), mais on se réfère désormais aux courbes ISO 226:2003

# Courbe isosonique ISO 226:2003

Niveau de pression (dB SPL)



## Valeurs remarquables :

- 40 phone
  - 1000 Hz : 40 dB
  - 200 Hz : 42 db (+2)
  - 100 Hz : 50 dB (+10)
  - 50 Hz : 60 dB (+20)
- 100 phone
  - 1000 Hz : 100 dB
  - 200 Hz : 100 dB
  - 100 Hz : 102 dB (+2)
  - 50 Hz : 110 db (+10)

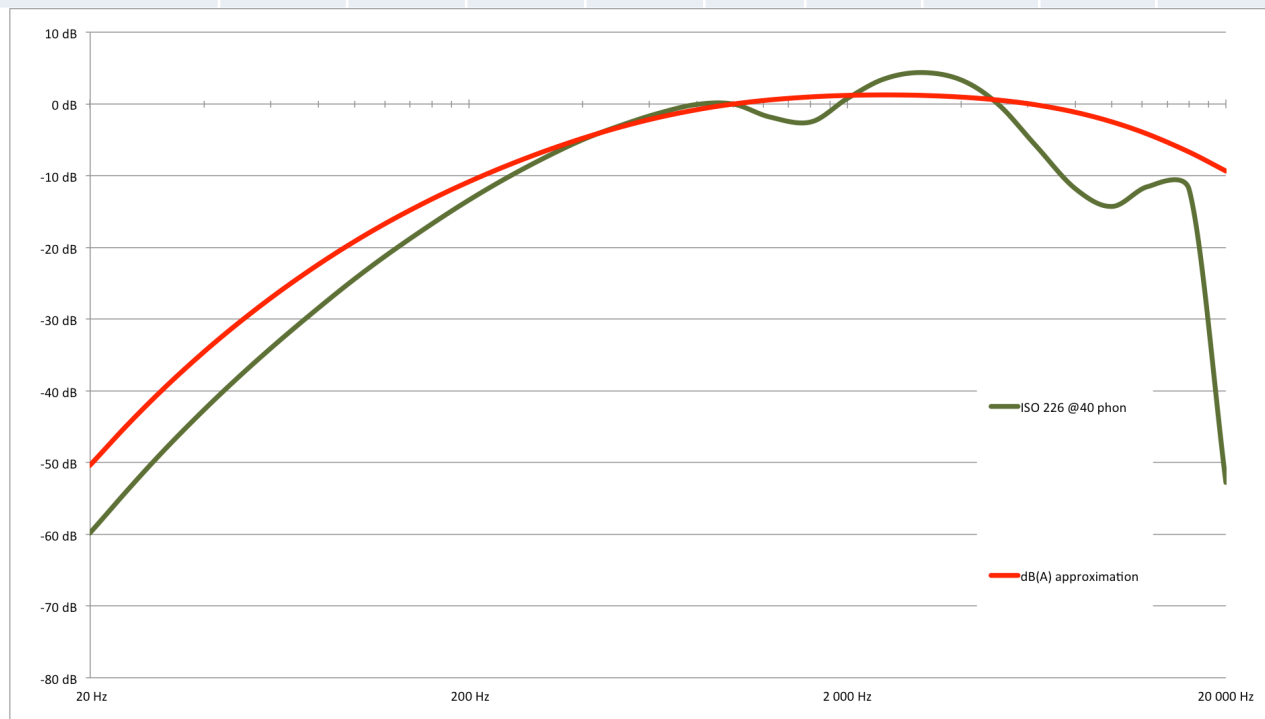


# Courbes isosoniques

- En raison de la complexité des courbes isosoniques, il a fallu choisir une échelle d'évaluation simple qui reflète l'évolution de la courbe de perception de l'audition humaine et qui puisse être utilisé pour les mesures :
  - La courbe @ 40 phone (pressions acoustiques entre 0 et 60 dB SPL) a été choisie comme représentative pour le filtre en dB (A).
  - La courbe @ 100 phone (pressions acoustiques supérieures à 80 dB SPL) a été choisie comme représentative pour le filtre en dB (C)
- Les deux courbes en dB (A) et dB (C) obtenues correspondent « à peu près » à l'inverse des courbes isosoniques, ... à peu près ...

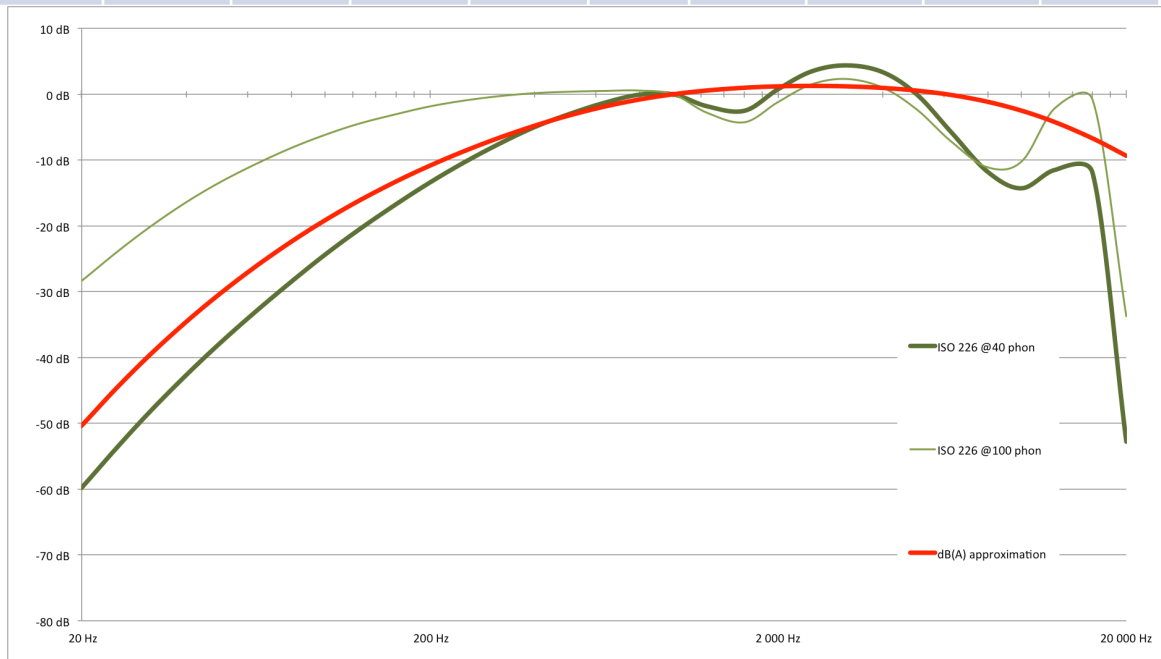
# Courbes 40 phone / db (A)

Fréquence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
ISO226 @ 40 phone	-48,2	-33,1	-20,6	-10,4	-3,1	0	0,8	3,4	-11,8	-12
dB(A)	-39,5	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,7



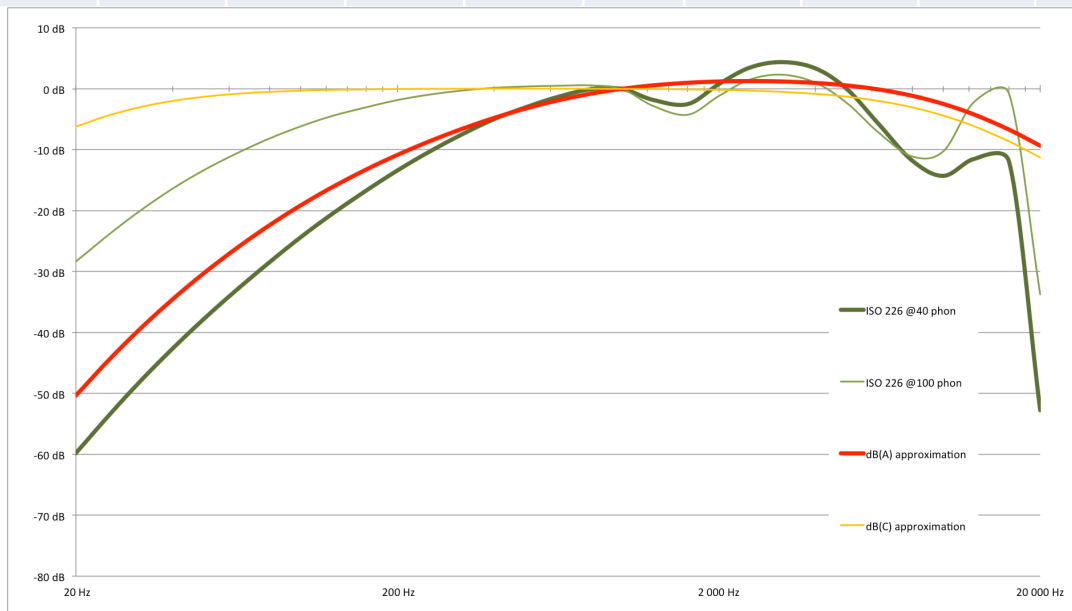
# Courbes 40 et 100 phone - dB (A)

Fréquence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
ISO226 @ 40 phone	-48,2	-33,1	-20,6	-10,4	-3,1	0	0,8	3,4	-11,8	-12
ISO226 @ 100 phone	-20,1	-10,6	-4,5	-1	0,4	0	-1,2	1	-11,1	0,8
dB(A)	-39,5	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,7



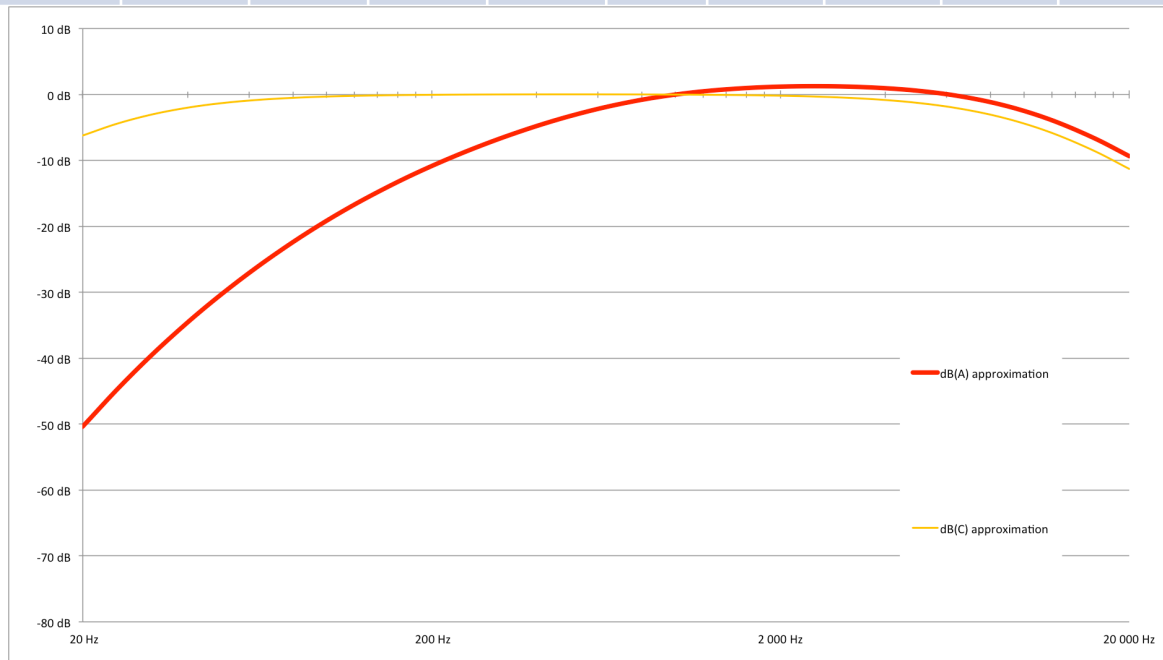
# Courbes 40 / 100 phone - dB (A) / dB (C)

Fréquence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
ISO226 @ 40 phone	-48,2	-33,1	-20,6	-10,4	-3,1	0	0,8	3,4	-11,8	-12
ISO226 @ 100 phone	-20,1	-10,6	-4,5	-1	0,4	0	-1,2	1	-11,1	0,8
dB (A)	-39,5	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,7
dB (C)	-3	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3	-8,6



# Comparaison dB (A) et dB (C)

Fréquence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
dB (A)	-39,5	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,7
dB (C)	-3	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3	-8,6
Différence	-36,5	-25,4	-18,8	-10,8	-4,8	0	1,4	1,8	1,9	1,9



# Observations

- L'indicateur en dB (A) est encore très largement utilisé dans de nombreuses applications. Le fait qu'il « ignore » les fréquences graves représente bien souvent un avantage car il permet de « masquer » les fréquences parasites ou accidentelles introduites par les basses fréquences. Les mesures peuvent en effet être faussées par ces fréquences.
  - Il est très largement utilisé dans les législations internationales et par les fabricants de matériels.
- Le nouveau décret demande de respecter 102 dB (A) et 118 dB (C) sur 15 minutes. D'où vient cette différence de 16 dB ? :
  - Il est pourtant impossible de calculer une équivalence entre ces deux pondérations (sauf sur une fréquence en son pur)
  - La composition en fréquence du signal d'un spectacle ou d'un concert n'est absolument pas linéaire et par nature imprévisible

# Observations

- Il y'a donc un problème avec ce nouvel indicateur et la valeur retenue
  - Il est tout à fait possible et compréhensible de prendre cet indicateur en compte, notamment parce qu'il permet de ne pas négliger l'impact des basses fréquences
  - Il est a noter que dans les musiques actuelles, la prépondérance des basses fréquences par rapport aux médiums est d'environ +15 dB, ce qui représente environ 90% de l'intensité sonore mesurée en dB (C).
  - Il faut se poser la question de la pertinence de cette indicateur, d'un point de vue de la valeur retenue, et de son applicabilité au domaine culturel et au spectacle vivant en particulier







# Le protocole en « U »

- **Objet :**
  - La mesure par fonction de transfert est seulement exacte pour l'énergie diffusée par la sonorisation de façade.
  - Il faut donc être prudent avec cette méthode pour les concerts avec une scène bruyante car les niveaux sonores en provenance de la scène ne seront pas, ou peu pris en compte dans la mesure à la console.
  - Même si cette méthode n'est pas parfaite, elle a l'avantage d'être représentative

# Le protocole en « U »

- Méthodologie :
  1. Génération du bruit de référence
  2. Mesure en moyenne spatiale
    - 2.1 Cas standard du U
    - 2.2 Cas particuliers
  3. Recherche du niveau maximum
  4. Mesure du point de référence à la console
  5. Méthode de calcul des corrections
  6. Configuration de l'afficheur et/ou du limiteur

# Observations, conclusion

## Il est difficile d'appliquer une réglementation santé / environnement à un art aussi complexe et varié que la musique

- Il est plus facile d'appliquer des règles de limitation des niveaux sonores au milieu du travail ou le bruit est généralement une contrainte plus qu'un plaisir, et les nuisances sonores sont clairement identifiées (machines, etc ...)
- Lorsqu'un artiste musicien s'exprime il joue avec les sensations, la perception, l'émotion, le ressenti, les variations d'intensité, les échanges avec le public
- Vouloir réduire le niveau sonore des basses fréquences revient à condamner un grand nombre d'esthétiques
- Lorsque le public se rend à un spectacle ou un concert il y va pour diverses raisons, mais la recherche du plaisir en est une des principales. Il y va de son plein gré, et bien souvent il sait parfaitement à quoi s'attendre (en terme d'intensité sonore).

# Observations, conclusion

Les règles de l'acoustique (et de la sonorisation) peuvent être complexes, il n'est donc pas évident de les transformer en quelque chose de simple.

- Il faut donc s'appuyer sur des référentiels fiables, des valeurs basées sur des études scientifiques reconnues.
- Il faut accompagner les lieux, les structures, les organisateurs afin de leur permettre de mettre en place une législation respectueuse de l'audition des publics, mais aussi de la création artistique, tout en respectant le voisinage et l'environnement

# Observations, conclusion

Il y'a une grosse incompréhension sur la manière d'appliquer le décret et sur les risques encourus.

- Ce décret sanctionne tous les manquements aux prescriptions (sauf une)
- Pour de nombreux lieux ou festivals ces prescriptions sont irréalisables techniquement ou financièrement

# Références, bibliographie

- Agi-Son : Bilan du « Tour de France », infos sur le nouveau décret, revue de presse : <https://agi-son.org/decret-niveaux-sonores>
- Enquête « Jeunes, musique, et risques auditifs » 2018 : <https://drive.google.com/file/d/19t0Lvvdm4NUQKcy0XDTuysor8AidMWOC/view>
- Courbes isosoniques : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Courbe\\_isotonique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Courbe_isotonique)
- Courbes décibels / phonie : [http://www.macfreak.nl/memory/File:Equal-loudness\\_contours.xlsx](http://www.macfreak.nl/memory/File:Equal-loudness_contours.xlsx)
- dB (Le Décibel) :
  - <https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel>
  - [https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel\\_A](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel_A)
  - [https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel\\_\(bruit\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel_(bruit))
  - [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pression\\_acoustique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pression_acoustique)
  - [https://fr.wikipedia.org/wiki/Intensit%C3%A9\\_acoustique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intensit%C3%A9_acoustique)
  - <https://www.journee-audition.org/pdf/guide-decibels.pdf>
  - [http://www.bruit.fr/images/stories/pdf/A1\\_decibel\\_bruit.pdf](http://www.bruit.fr/images/stories/pdf/A1_decibel_bruit.pdf)
- Acoustique Musicale :
  - [https://fr.wikipedia.org/wiki/Acoustique\\_musicale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acoustique_musicale)
- Psychoacoustique :
  - <https://fr.wikipedia.org/wiki/Psychoacoustique>
- Le son :
  - [https://fr.wikipedia.org/wiki/Son\\_\(physique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique))
- Niveau Sonore (Sound Level)
  - [http://www.macfreak.nl/memory/Sound\\_Level](http://www.macfreak.nl/memory/Sound_Level)
  - [http://www.deparisnet.be/Bruit/sobanefr/fiches\\_bru\\_ana.pdf](http://www.deparisnet.be/Bruit/sobanefr/fiches_bru_ana.pdf)
- Mesure de niveau sonore, équivalences dB :
  - <http://www.sengpielaudio.com/calculator-dba-spl.htm>
- Rapport décibel / distance (article page 40):
  - <http://cdn.coverstand.com/24712/548311/c8c99bae3bacc1bf0b3d5d2dc688b923aed8a46b.pdf>