MOINEAU Instruments – ZA P. Pierre - 8 Allée des Erables – 79110 CHEF-BOUTONNE -FRANCE
Tel : (33) 05.49.29.81.25 – Fax : (33) 05.49.29.66.21
Site internet : www.moineau-instruments.com - E-Mail : contact@moineau-instruments.com

NOTIONS ELEMENTAIRES D'ACOUSTIQUE pour Appareils de mesure et SONOMETRES

1. Rappel mathématique

Deux données fondamentales caractérisent le son : l'amplitude (ou pression) et la fréquence (ou hauteur).

En acoustique l'intensité sonore se mesure en décibels (dB). C'est une grandeur sans dimension = logarithme du rapport entre une grandeur caractéristique du son étudié et celle d'un son de référence.

Lorsqu'on étudie un phénomène utilisant une gamme étendue de valeurs, l'échelle linéaire est mal adaptée. On lui préfère une échelle logarithmique qui espace les valeurs faibles et rapproche les valeurs fortes.

Le doublement de sources sonores identiques ne se traduit pas par un doublement du niveau de bruit : 40 dB et 40 dB ne donnent pas 80 dB mais 43 dB. 70 dB et 70 dB ne donnent pas 140 dB mais 73 dB. De même, si les 2 bruits sont de niveaux différents, le plus fort masque l'autre. Ainsi, lorsque la différence dépasse 10 dB, le niveau sonore résultant est égal au plus grand des deux. Autrement dit, 80 dB et 90 dB donnent 90 dB.

En matière de soustraction, ce qui sera le cas lors de la prise en compte d'un bruit de fond au-delà d'un écart supérieur à 10 dB, la correction devient négligeable. On considère que le niveau sonore du bruit perturbateur est équivalent à celui du bruit total.

Multiplier par 10, 100 ou 1 milliard revient à additionner. La distance qui sépare 1 de 10 est la même que celle qui sépare 10 de 100. Le logarithme a une propriété intéressante : log (a) + log(b) = log (a * b)

- ***Augmenter ou réduire de 3 dB revient à diviser par 2 l'intensité de bruit : $10^{0,3}$ = 2 et 10 * log(2) = 3 dB***

PROPAGATION DU SON								
Distance / Puissance	1 m	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m
100 dB	100	94	88	82	76	70	64	58
105 dB	106	100	94	88	82	76	70	64
110 dB	110	104	98	92	86	80	74	68
120 dB	120	114	108	102	96	90	84	78

Sur l'échelle logarithmique, le son diminue de 6 dB, à chaque doublement de la distance

2. Perception sonore

Si la notion de décibel prend bien en compte la totalité du signal sonore reçu par un individu, elle reste néanmoins insuffisante pour rendre compte de la sensation sonore effectivement perçue par l'oreille humaine.

En effet, la sensibilité de l'oreille varie selon les fréquences dans l'ensemble du domaine audible : pour une même intensité, les sons graves et aigus sont moins bien perçus que les sons intermédiaires.

La fréquence d'un son est exprimée en Hertz (Hz), elle est directement liée à la hauteur d'un son perçu, mais n'en est qu'une des composantes. À une fréquence faible correspond un son grave, à une fréquence élevée un son aigu. Une intensité sonore identique, ne sera alors pas perçue de façon identique.

La plage des sons audibles pour l'oreille humaine s'étend de 20 hertz à 20 000 hertz. En pratique, les analyses de niveaux sonores s'effectuent par tranches de fréquences et en fonction du temps. La distance de propagation du son est fonction aussi bien de la fréquence que de la pression.

- ***Son aigu = Fréquence élevée 2 000Hz à 20 000 Hz***
- ***Son grave = Fréquence faible : 20 à 2 000 Hz***

3. Pondération sonore

a. Filtre fréquentiel : Le bruit est caractérisé par sa fréquence : le choix de la bonne pondération fréquentielle assure la pertinence des résultats en particulier pour les niveaux de bruit potentiellement dommageables, ainsi que leur conformité vis-à-vis de la loi : Lors de la mesure de l'impact du bruit au travail sur l'audition, les mesures de bruit doivent être affichées en dB(A) ou Leq(A) niveau équivalent sur une période de temps.

Les pondérations fréquentielles délivrent une représentation précise de ce que l'oreille humaine perçoit, en accordant plus de poids à différentes fréquences par rapport à d'autres.

- ***dB(A) : équivaut à des sensations perçues dans les niveaux sonores faibles de 35 à 55 dB – courbe destinée à refléter la réponse de l'oreille humaine au bruit et est conforme à la mesure de risque de dommages auditifs (norme IEC 61672).***
- ***dB(C) : équivaut à des sensations perçues dans les niveaux sonores élevés de 85 à 130 dB – courbe accentuant les sons à basse fréquence perçus par l'oreille humaine, mais aussi caractéristique de la pression acoustique de crête ou impulsif (bruits de* courte durée très soudains, détonations, etc.).**

b. Filtre temporel : Le bruit est caractérisé par sa durée : la réaction du sonomètre est importante pour capter le bruit environnant. Le sonomètre peut réagir rapidement à des augmentations soudaines du niveau sonore et délivrer une réponse forte, ou peut réagir lentement à des variations du niveau sonore et indiquer une valeur moyenne, plus faible.

- **Filtre temporel FAST équivaut à un échantillonnage rapide du niveau sonore, toutes les 125 ms. Le sonomètre réagit rapidement et permet de mesurer les pics sonores.**
- **Filtre temporel SLOW équivaut à un échantillonnage lent du niveau sonore, toutes les 1 s. Le sonomètre réagit lentement et indique un niveau sonore moyen.**

c. Filtre d'intensité : Le bruit est caractérisé par son intensité. Le sonomètre interprète l'émission d'un son dans l'environnement. La sensation sonore perçue par l'oreille humaine et sa caractérisation la plus précise dépend du niveau sonore.

- ***Filtre sonore HI équivaut à une mesure de niveau sonore élevée de 65 à 130 dB.***
- ***Filtre sonore LOW équivaut à une mesure de niveau sonore faible de 35 à 100 dB***

NOTE : Du vent (supérieur à 10 m/sec) peut provoquer un sifflement dans le micro et causer des imprécisions et une mauvaise lecture de la mesure. Dans ce cas, mettre la bonnette anti-vent sur le capteur microphone.

4. Classes de sonomètre

La notion de Classe traduit la même conception et les mêmes objectifs, mais des niveaux de tolérance différents.

- ***Classe 1 = incertitude Inférieure à 1,5 dB***
- ***Classe 2 = incertitude entre 1,5 et 3 db***

5. Pondérations physiologiques (NORME AFNOR) – dB(A)

Des courbes appelées courbes d'égale sensation ou d'égale gêne ont été normalisées au plan international (ISO R 1996 et norme AFNOR NF S 30-010). Selon ces courbes, un bruit de 98 dB dans l'octave de 31,5 Hz produit la même sensation sonore qu'un bruit de 65 dB dans l'octave de 1 000 Hz. A mesure que le niveau augmente, les courbes tendent à s'aplatir, ce qui donne une "moins grande" sensibilité à niveau très élevé.

Les décibels physiques (dB) deviennent alors des décibels physiologiques dB(A). Ce sont ceux que l'on utilise pour rendre compte de la sensation perçue par l'oreille humaine.

- ***Les décibels physiologiques dB(A) mesure la gêne ressentie par les personnes, l'exposition de l'individu au bruit d'un système ; et non le bruit intrinsèque du système lui-même.***

Pour rendre compte d'un niveau d'exposition au bruit on s'intéresse au niveau qui aurait donné, en une seconde, le même cumul que celui obtenu pendant toute la période de mesure. La mesure du niveau d'exposition utilise normalement la pondération A.

- ***Pour la mesure des bruits professionnels sur le lieu de travail perçus par l'individu, on utilise habituellement la valeur moyenne sur la période : le cumul de la puissance sonore sur la période donnée ; pour déterminer un niveau sonore équivalent : Leq(A), Leq(C) : On parle d'intégration et de sonomètres intégrateurs.***

La courbe de pondération (A) correspond de près à la correction de l'oreille humaine, moins sensible aux basses fréquences et plus sensibles aux hautes fréquences.

Cependant, ce n'est pas exactement ce que déchiffre notre cerveau. Pour cela, il faut additionner les niveaux sonores pondérés relevés en fonction des fréquences (voir § « doublement de sources sonores »).

Pour bien comprendre, le dB(A) est un niveau sonore global (son perçu par l'oreille) et le dB est un niveau sonore qui n'a de sens que lorsqu'il est noté pour une fréquence donnée.

Pour prendre en compte cette sensibilité de l'oreille par rapport aux fréquences, le dB(A) est utilisé (voir § « Pondération sonore »). Une courbe isotonique a été définie correspondant à un niveau perçu de 40 dB pour un son pur de 1 kHz.

0 dB correspond au minimum que l'oreille humaine peut percevoir, appelé seuil d'audibilité, et non au silence absolu.
Cette valeur a été choisie par expérimentation pour un son de fréquence 1000 Hz : 0 dB = 10^{-12} W.m^{-2}

La pondération physiologique dB(A) est normalisée au plan international et prend les valeurs suivantes :

Fréq, centrales des octaves (en Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Niveau (dB/octave)	40	67	90	82,5	88,7	73	69	65	75
Pondération A (en dB)	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Niveau pondéré	0,6	70,8	73,9	73,9	95,5	73	70,2	66	73,9

6. Risques et Réglementation

Entre 20 dB(A) et 40 dB(A), le niveau sonore est bas, le bruit est léger et l'environnement calme.

Entre 40 dB(A) et 65 dB(A), le niveau sonore est audible et n'apporte pas de réels dangers pour l'être humain. C'est le niveau sonore acceptable, supportable et conseillé pour avertir/signaler sans occasionner de gêne, tout en couvrant le bruit de fond ambiant.

Entre 65 dB(A) et 80 dB(A), le niveau sonore est accepté ponctuellement, mais est fatigant sur la durée et devient vite pénible. Il est recommandé de prendre des mesures correctives (bouchons, casque, etc…) si ce niveau sonore se prolonge dans la durée.

Le niveau sonore est considéré nocif pour l'oreille qu'à partir de 85 dB(A). Au-delà de 85 dB(A), la loi vous impose de prendre des mesures.

Exemples :
- Une sirène d'alarme résidentielle ne doit pas excéder 103 dB(A) pendant plus de 3 minutes.
- Le port du casque est obligatoire pour un ouvrier utilisant un marteau piqueur à 110 dB(A)
- Le port du casque est obligatoire pour un agent de piste d'aéroport au décolage d'un avion à 130 dB(A)

Pour une journée de travail (8 heures), on considère que l'ouïe est en danger à partir de 85dB(A). Si le niveau de bruit est supérieur, l'exposition doit être de plus courte durée. Si le niveau est extrêmement élevé (supérieur à 130 dB(A)), toute exposition, même de très courte durée, est dangereuse et à proscrire.

Durées limites d'exposition quotidienne au bruit (à 1 mètre de la source de bruit)	
Niveau sonore en dB(A)	Durée d'exposition maximale
85	8 h
88	4 h
91	2 h
94	1 h
97	30 mn
100	15 mn
103	7,5 mn

Article R 232-8-1 Prévention technique collective :
Décret n° 88-405 du 21 avril 1988 art. 1 J.O. du 22 avril 1988 en vigueur le 1er janvier 1989
Décret n° 92-333 du 31 mars 1992 art. 1 I J.O. du 1er avril 1992

L'employeur procède à une estimation et, si besoin est, à une mesure du bruit subi pendant le travail, de façon à identifier les travailleurs pour lesquels l'exposition sonore quotidienne atteint ou dépasse le niveau de 85 dB (A) ou pour lesquels la pression acoustique de crête atteint ou dépasse le niveau de 135 dB.

L'employeur procède à une nouvelle estimation et, si besoin est, à un nouveau mesurage tous les trois ans et lorsqu'une modification des installations ou des modes de travail est susceptible d'entraîner une élévation des niveaux de bruit.

Les résultats du mesurage sont tenus à la disposition des travailleurs exposés, du médecin du travail, des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel ainsi que de l'inspecteur du travail et des agents du service de prévention des organismes de sécurité sociale. Il est fourni aux intéressés les explications nécessaires sur la signification de ces résultats. Les résultats doivent être conservés dans l'entreprise pendant dix ans.

Lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par un travailleur dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 140 dB, l'employeur établit et met en oeuvre, dans les conditions prévues à l'article L. 236-4, un programme de mesures de nature technique ou d'organisation du travail destiné à réduire l'exposition au bruit.