



Direction des études
Mission Santé-sécurité au travail dans les fonctions publiques (MSSTFP)

LE BRUIT

Introduction

Le bruit est la cause de nombreuses surdités mais également d'autres pathologies telles que de la fatigue et du stress. Le bruit est un ensemble de sons produisant une sensation auditive désagréable ou gênante.

De nombreuses activités exposent régulièrement au bruit par rapport auxquelles des moyens d'action différents peuvent être mis en place sur le lieu de travail afin de limiter l'exposition des travailleurs.

Principaux textes

Directive n° 86/188/CEE du 12 mai 1986 relative à la protection des travailleurs contre les risques dus à l'exposition au bruit pendant le travail.

Directive n° 2003/10/CE du 6 février 2003 transcrite par le décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit.

Art. R. 4213-5 du code du travail sur la conception des locaux de travail

Art. R. 4431-1 à R. 4437-4 du code du travail sur l'exposition au bruit

Arrêté du 30 août 1990 concernant la correction acoustique des locaux de travail

Arrêté du 19 juillet 2006 concernant le mesurage d'exposition au bruit

Bibliographie

- Publication INRS ED 962, 2006 « Technique de réduction du bruit en entreprise »,
- Publication INRS ED 707, 1988 « Vos gueules les décibels »,
- Publication INRS ED 6035, 2009 « Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit »

Ce qu'il faut retenir

Les atteintes au système auditif sont cumulatives et irréversibles.

Le bruit est une vibration qui se propage dans l'air et dans les matériaux. Son niveau est mesuré en décibel. La réglementation impose de réduire le bruit au niveau le plus bas possible compte tenu de l'état des techniques et de maintenir l'exposition des travailleurs à un niveau compatible avec la protection de leur ouïe. Elle fixe deux niveaux d'exposition sonore : une valeur d'exposition inférieure déclenchant l'alerte *un seuil d'alerte* et une valeur limite d'exposition *un seuil de danger* (respectivement de 85 dB et de 90 dB(A) dans la directive de 1986 et de 80 dB et 87 dB(A) dans la directive de 2003), à partir desquels des mesures doivent être prises en ce qui concerne :

- la protection des travailleurs et leur information,
- l'insonorisation des locaux,
- la réduction du bruit des équipements de travail.

Développement

Un son résulte de la perception, par le système auditif, d'une vibration propagée dans un milieu gazeux, liquide ou solide à partir d'une source sonore, le milieu habituel pour l'homme étant l'air.

Le bruit est donc une vibration des atomes de l'air qui se propage en ondes acoustiques selon des fréquences variables.

Les unités de mesure

Afin de caractériser les principaux paramètres du bruit, il est possible de recourir à l'image d'un diapason en vibration dont on peut décrire le mouvement des lames en termes de distance et de temps. La déformation des lames du diapason se produit avec une certaine rythmicité, chaque cycle successif étant caractérisé par sa durée : la période, qui s'exprime en seconde. La fréquence est le nombre de périodes par seconde, qui s'exprime en Hertz (Hz). Ce paramètre correspond à la hauteur du son : son aigu (fréquence élevée), son grave (fréquence basse).

Selon la force que l'on aura exercée sur le diapason, l'amplitude du déplacement des lames sera plus ou moins importante, avec parallèlement la sensation d'un son plus ou moins intense.

Le domaine audible de l'homme est compris entre 16 et 20 000 Hz, (qui se rétrécit avec l'âge) et qui comprend les fréquences de la parole comprises entre 100 et 6000 Hz.

Des fréquences inférieures à 16 Hz caractérisent les infrasons, et celles supérieures à 20 000 Hz, les ultrasons.

Les grandeurs fondamentales

La pression acoustique est la surpression engendrée par les oscillations des particules (atomes de l'air) par rapport à la pression du milieu. En ce qui concerne l'audition, la perception d'un son est donc liée à l'existence d'une variation de la pression atmosphérique. La pression se mesure en Pascal (force / surface ; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$).

Seuil de pression audible : $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$. C'est la plus petite variation de pression à partir de laquelle un son va être audible.

Seuil de la douleur : 10^{12} Pa .

Compte tenu de l'écart entre ces deux valeurs, on utilise le décibel qui est le logarithme décimale entre une valeur de bruit et une valeur de référence.

Niveau de pression acoustique : $L(\text{dB}) = 20 \log (10) (P / P_0)$ avec comme référence ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$).

Une **relation identique existe** à partir de la **puissance acoustique** [qui se mesure en Watt = (force x déplacement) / temps] et de **l'intensité acoustique** [$(\text{W} / \text{m}^2) = \text{puissance} / \text{surface}$]

Pression, puissance et intensité sont liés, aussi, indépendamment de la grandeur utilisée, il est plus simple de parler de niveau sonore (L). Plus celui-ci est important, plus le son va paraître intense.

Dans la réglementation du travail relative au bruit, l'unité utilisée est le décibel avec la pondération A : dB(A), afin de tenir compte de la subjectivité de l'oreille humaine. Les mesures effectuées avec cette pondération correspondent par conséquent à la perception par l'individu. L'oreille réalise un filtrage donnant prépondérance aux fréquences situées entre 1 000 et 4 000 Hz.

Quelques exemples de niveaux sonores (d'après l'INRS):

0 dB(A) : seuil d'audibilité
45 dB(A) : bureau calme
45 dB(A) : conversation normale
60 dB(A) : bureau
70 dB(A) : restaurant bruyant
80 dB(A) : camion
100 dB(A) : marteau piqueur
140 dB (A) : réacteur d'avion

Au plan médical, il y a risque de détérioration de l'ouïe à partir d'un seuil de 80 dB(A). Le seuil de la douleur se situe à partir de 120 dB (A). La législation a prévu un certain nombre de mesures à prendre à partir d'un seuil réglementaire (exemple : à partir de 2006, en Europe, 80 dB).

Opérations sur les décibels

Le décibel étant une unité logarithmique, les lois arithmétiques ne sont plus utilisables.

Si on additionne :

- 2 valeurs identiques, le résultat est une augmentation de 3 dB :
- $90 \text{ dB} + 90 \text{ dB} = 93 \text{ dB}$
- 3 valeurs identiques, le résultat est une augmentation de 5 dB :
- $90 \text{ dB} + 90 \text{ dB} + 95 \text{ dB} = 95 \text{ dB}$
- 10 valeurs identiques, le résultat est une augmentation de 10 dB :
- $90 \text{ dB} + 90 \text{ dB} + \dots + 90 \text{ dB} = 100 \text{ dB}$

Si l'on veut **effectuer des calculs** sur les niveaux sonores, on va devoir : soit **utiliser les logarithmes**, c'est à dire convertir les valeurs, effectuer les calculs arithmétiques et reconverter en décibels; **soit utiliser des abaques** prévues à cet effet.

Une exposition à un bruit de 85 dB pendant 8 heures, équivaut à la même nuisance qu'un bruit de 88 dB pendant 4 heures (augmentation du bruit de 3 dB = diminution du temps d'exposition par deux).

Effets du bruit sur l'audition

Il convient dans un premier temps d'évoquer le rôle du **vieillessement**. Avec l'âge, l'audition tend à se dégrader (**presbyacousie**). Les pertes auditives touchent essentiellement la perception des **fréquences élevées** et provoquent une gêne dans la perception de la parole et des signaux sonores. Cette perte est due à la fois à une mauvaise transmission dans l'oreille moyenne et à une mauvaise réception dans l'oreille interne (perte de cellules nerveuses). Il est donc essentiel de prévoir, lors de la conception de dispositifs sonores (signaux de régulation ou d'alerte) l'utilisation de fréquences facilement perceptibles.

La fatigue auditive

Le seuil de perturbation des facultés intellectuelles se situe vers 60 dB(A), celui de la fatigue vers 70 dB(A).

Lors de l'exposition à un bruit dont le niveau sonore est supérieur à 80 dB(A), une augmentation réversible du deuil d'audition se produit.

Cette variation dépend essentiellement de la durée et du niveau sonore de l'exposition en ce qui concerne l'importance de la perte auditive, et dépend de la fréquence des sons en ce qui concerne la partie du spectre auditif concernée (l'audition des fréquences inférieures à 1000 Hz est moins gênée que celle des fréquences supérieures).

La fatigue auditive provoque une gêne dans la perception auditive pendant et après l'exposition au bruit (donc pendant et après le travail) et disparaît progressivement, le temps de disparition étant proportionnel à l'importance de l'exposition.

La surdité traumatique ou surdité professionnelle

L'exposition prolongée ou répétée à des bruits intenses va progressivement engendrer une perte auditive irréversible par destruction de certains éléments de l'oreille interne.

Cette perte auditive présente un aspect caractéristique d'un trou audiométrique centré sur 4000. Trois stades de gravité sont définis par l'existence d'un déficit audiométrique, de gêne sociale et de douleurs auditives.

- 1^{er} stade : La personne ne se rend pas compte de sa perte d'audition car les fréquences de la parole sont peu touchées.
- 2^{ème} stade : Les fréquences aigues de la conversation sont touchées. La personne devient « dure d'oreille », elle ne comprend plus distinctement ce qui se dit mais ne se rend pas compte de son déficit auditif. Une récupération partielle peut avoir lieu entre les périodes d'exposition.
- 3^{ème} stade : la surdité est profonde et irréversible. Elle entraîne une gêne importante dans l'audition des signaux sonores et de la parole. La personne parle plus fort, son entourage se rend compte de sa surdité. Toutes les plages de fréquences sont atteintes en particulier autour de 4 000 Hz. Les cellules ciliées sont détruites et aucune récupération n'est possible.

Une indemnisation au titre de la sécurité sociale est prévue si l'on répond aux conditions du tableau 42 des maladies professionnelles (déficit d'au moins 35 dB au repos sur la meilleure oreille, selon la formule du déficit moyen ; secteur professionnel et activités reconnus dangereux.

En 2001, au titre du régime général de sécurité sociale, 494 surdités professionnelles avaient été reconnues.

Effets extra auditifs du bruit

Ils dépendent des individus : trouble du sommeil, fatigue, augmentation des fréquences cardiaque et respiratoire, réduction des capacités cognitives, augmentation de la tension artérielle, rétrécissement du champ visuel, perturbation de la grossesse...

Le bruit est un facteur de stress, source d'irritabilité voire d'agressivité.

Bruit et travail

Les effets du bruit sur les performances dépendent des paramètres physiques du bruit, de sa prévisibilité, de la nature et de l'exigence de la tâche, de la durée de l'exposition, de la possibilité de contrôler le bruit, de la sensibilité de l'individu...

Le bruit est incontestablement une nuisance dans le travail par la **dégradation des possibilités auditives** de l'opérateur qui entraîne une **gêne dans la perception des consignes verbales, signaux d'alerte, bruits utiles** à la régulation du travail.

Notre connaissance des effets du bruit est surtout liée à l'exposition à des bruits continus. Les conséquences de l'exposition des bruits répétés de faible durée et de haut niveau sonore, comme des coups de marteau sur une tôle sont encore mal connues. Ce type de bruit semble toutefois, **à durée d'exposition et à niveau sonore égaux, beaucoup plus dangereux pour l'oreille** qu'un bruit continu.

L'effet de masque : le bruit peut cacher un « bruit utile » : signaux sonores de sécurité, bruit d'un danger (véhicules...). Il est fréquent lors du travail en ambiance bruyante. La perception du signal est liée au rapport de ses caractéristiques (niveau sonore, composition en fréquence) à celles du bruit de fond. L'effet de masque est la cause de nombreuses erreurs ou accidents par non perception de certaines informations. Ses effets se cumulent avec ceux de la fatigue auditive. Il est d'autant plus important que la fréquence des bruits et signaux est voisine.

Difficulté de localisation d'un autre bruit, diminution des distances d'intelligibilité,

Il faut « élever la voix » pour comprendre une conversation.

Mesure et analyse du bruit

La mesure des caractéristiques d'un bruit (fréquence, niveau sonore, durée) est une étape nécessaire pour l'évaluation du risque et la protection de l'opérateur.

On utilise des méthodes simples (mesure du niveau sonore) puis des méthodes plus complexes (analyse spectrale) si nécessaire.

La connaissance des caractéristiques sonores au poste de travail, au niveau de la tête de l'opérateur est indispensable.

La norme NFS 31-084 (méthode de mesurage des niveaux sonores en milieu de travail, en vue de l'évaluation du niveau d'exposition sonore quotidienne des travailleurs) a introduit une notion acoustique, appelée L_{ex-d} qui caractérise le niveau d'exposition sonore quotidienne exprimé en dB (A), c'est-à-dire le niveau moyen du bruit reçu par un travailleur durant toute la durée de sa journée de travail par rapport à une durée de référence fixée par la norme et égale à 8 heures.

Le niveau sonore se mesure à l'aide d'un **sonomètre**, appareil qui mesure la pression acoustique s'exerçant sur la membrane d'un microphone et l'exprime en décibels, par rapport à la sensibilité minimale de l'oreille à 1000 Hz. Il est nécessaire d'adopter la pondération adéquate. La plupart des recommandations et éléments de comparaison existants correspondent à des mesures effectuées en pondération A.

Le sonomètre peut être utilisé pour des mesures **ponctuelles**, (au niveau d'une machine, d'un poste, de l'opérateur), ou **générales**, en effectuant des mesures en des points

déterminés afin de réaliser une « carte de bruit », permettant de délimiter les zones bruyantes et calmes et de déceler les sources les plus bruyantes.

Le dosimètre permet de mesurer la « dose » de bruit reçue par l'opérateur dans un intervalle de temps donné. Il s'agit d'un appareil portatif qui indique la « dose de bruit » reçue et les dépassements de certaines limites de niveau sonore.

La nocivité des bruits, mais aussi la façon de s'en protéger varient avec la composition du bruit. Des bruits de même niveau sonore peuvent avoir une composition (en fréquence) différente. Si l'analyse de la situation l'exige (et ce, d'autant plus si le niveau sonore se révèle dangereux ou proche du danger), il est nécessaire de connaître cette composition, c'est à dire effectuer une analyse spectrale, le résultat s'appelant un spectre.

Pour la commodité de l'analyse, le bruit n'est pas pris dans son ensemble, mais divisé en bandes d'un octave ou d'un tiers d'octave. Ces bandes sont définies par la valeur de leur fréquence centrale qui est normalisée (par exemple, on utilise généralement des bandes centrées sur les fréquences suivantes : bandes d'octaves centrées sur les fréquences suivantes : 31,5 – 63 – 125 – 250 – 500 – 1000 – 2000 – 4000 – 8000 – 16000 Hz).

On utilise alors un sonomètre couplé à un filtre d'octaves.

La réglementation, limites admissible de bruit

L'exposition au bruit hebdomadaire ne doit pas être supérieure à 87 dB(A). Pour l'application de la réglementation, ces niveaux sont exprimés en niveau équivalent (L_{eq}), c'est-à-dire une valeur moyenne calculée sur 40 heures par semaine ou 8 heures par jour. Ces valeurs correspondent à des bruits relativement stables. En cas de bruit impulsifs, il y a lieu de majorer les valeurs mesurées de 5 ou 10 dB.

Les limites admissibles du bruit dépendent du niveau de bruit, de la durée d'exposition, de la fréquence du bruit. La réglementation a retenu les deux premiers paramètres :

- 80 dB(A) : cote d'alerte pour la surveillance du niveau sonore et l'information du personnel,
- 85 dB(A) : cote de danger pour la mise en œuvre de mesures de prévention et de protection du personnel.

Obligations des fabricants de machines

Les machines et appareils doivent être conçus et construits pour être le moins bruyant possible. Les fabricants doivent indiquer et fournir les niveaux de bruit du matériel. Plusieurs paramètres doivent être étiquetés :

- Le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A mesuré au poste de travail de la machine, s'il dépasse 70 dB(A),
- Le niveau de puissance acoustique émis par la machine, lorsque le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, mesuré au poste de travail dépasse 85 dB(A),
- La valeur maximale de pression acoustique instantanée pondérée C, mesurée au poste de travail, lorsqu'elle dépasse 130 dB(C).

Obligations des maîtres d'ouvrages

Les locaux où doivent être installées des machines ou appareils susceptibles d'exposer les salariés à un niveau d'exposition sonore quotidienne supérieur à 85 dB(A) doivent être conçus, construits ou aménagés de manière à réduire la réverbération sur les parois de ces locaux et à limiter la propagation du bruit vers les autres locaux occupés par les travailleurs.

Obligations des utilisateurs

Le premier principe de prévention est celui de réduire le bruit au niveau le plus bas raisonnablement possible compte tenu de l'état des techniques.

La réglementation prévoit un contrôle de l'exposition au bruit à l'initiative du chef de service. Le résultat des mesurages est consigné dans un document soumis pour avis au CHS et au médecin de prévention.

En fonction des valeurs mesurées par rapport aux valeurs limites fixées par la réglementation, un certain nombre de mesures de prévention doivent être prises dans les domaines suivants :

- des mesures techniques pour réduire le bruit, mesurage du bruit, une surveillance médicale, la fourniture de protections individuelles, la signalisation des lieux de travail bruyants.
- lors de l'affectation à un poste exposé, un examen médical (contrôle audiométrique) doit être réalisé. Il permet de dépister une éventuelle contre-indication et de fournir un état initial.
- Par la suite, un examen médical doit être effectué selon une périodicité qui varie en fonction du niveau d'exposition quotidienne.

Moyens de prévention et de protection

Le bruit va parvenir à l'opérateur de différentes manières : directement à partir de la source sonore, lors de la propagation et à la réception. Le bruit va se propager directement jusqu'à l'opérateur, mais aussi à la faveur des multiples réflexions sur les parois, lui parvenir indirectement (réverbération). A chaque réflexion il y a perte d'énergie (absorption) mais aussi transmission à la paroi du local (réfraction).

Les vibrations produites par la machine, responsables de l'ébranlement de l'air (production du son) sont également susceptibles de se transmettre par le sol au reste du bâtiment.

Le bruit émis par une machine peut parvenir à l'opérateur par plusieurs cheminements :

- champ direct: en l'absence de tout obstacle, le niveau sonore décroît de 6 dB chaque fois que l'on double la distance,
- champ réfléchi ou réverbéré : en plus du bruit direct, l'opérateur perçoit le bruit réfléchi par les paroi; la décroissance par doublement de distance est < 6 dB

La lutte contre le bruit devra s'effectuer

A la source : C'est la seule mesure de protection valable pour l'opérateur utilisant la machine. C'est à ce niveau qu'il faut d'abord agir, dès le stade de la conception des équipements, par le choix des machines (engrenages, silencieux...), l'entretien prévisionnel et le remplacement de pièces (limitation des vibrations), les changements technologiques, la fixation de la machine au sol et la limitation de la transmission des vibrations produites par son fonctionnement.

Selon l'Organisation mondiale de la santé, il est 10 fois moins coûteux de rendre moins bruyants les procédés qui engendrent du bruit que d'installer un écran d'insonorisation.

Sur la propagation du bruit

- Au niveau de la machine par capotage ou encoffrement de celle-ci (mais risque de gêne pour l'accès et risque d'échauffement),
- au niveau de la transmission par des écrans réduisant la propagation sonore,
- par la modification ou le traitement des parois avec des matériaux absorbants afin d'éviter les réflexions,
- par l'augmentation de la masse des parois, matériaux amortissants dans les parois (mais problème des ouvertures, des gaines d'aération ou de chauffage),
- par l'éloignement de la machine (si possible) : diminution de 3 à 6 dB lorsqu'on double la distance entre le récepteur et la machine (ceci n'est valable que pour les opérateurs n'ayant pas à intervenir directement sur la machine).

Par l'isolation sonore : Lors de travaux d'isolation sonore l'affaiblissement est fonction de la fréquence (plus efficace pour les fréquences élevées). L'affaiblissement est proportionnel au logarithme de la masse surfacique (masse par unité de surface) du matériau utilisé (sauf s'il s'agit de paroi composite avec matériau amortissant). Il est plus efficace d'agir à la source sonore ou au côté de celle-ci : dans le cas de deux locaux contigus, l'un contient une machine bruyante (local 1) ; si l'on veut protéger le local 2 c'est sur la paroi du local 1 qu'il faudra placer un matériau absorbant (évitant la propagation de la vibration au mur) et non l'inverse.

Au niveau du récepteur (opérateur) : Réduire la durée d'exposition : une diminution de moitié de la durée d'exposition équivaut à une réduction du niveau sonore de 3 dB. E.P.I : casques, bouchons. Limite des EPI : douloureux, risque d'infection (bouchons), gêne dans le travail, efficacité variable selon le type de protecteur. Les protections individuelles risquent de couper l'opérateur des bruits utiles : signaux, consignes orales, fonctionnement de la machine, comme des bruits nuisibles. Elles ne sont portées régulièrement que si elles ne constituent pas une entrave à l'efficacité et au confort de l'opérateur.