



**Bruit dangereux pour l'ouïe
aux postes de travail**

suvaPro

Le travail en sécurité

Suva
Secteur physique
Case postale, 6002 Lucerne

Renseignements:
tél. 041 419 51 11
akustik@suva.ch

Commandes:
www.suva.ch/waswo-f
tél. 041 419 58 51
fax 041 419 59 17

Bruit dangereux pour l'ouïe aux postes de travail

Auteurs:
Beat Hohmann
Walter Lips
Heinz Waldmann
Secteur physique

Reproduction autorisée avec mention de la source.
1^{re} édition: mars 1988
Edition entièrement revue et corrigée – octobre 2006
3^e édition: février 2008, de 11 000 à 13 000 exemplaires

Référence: 44057.f

Table des matières

1	Introduction	3	4	Bases légales et valeurs limites	29
2	Notions de base d'acoustique	5	4.1	Récapitulatif	29
2.1	Génération du son	5	4.2	Prévention des accidents et des maladies professionnels	30
2.2	Pression acoustique	5	4.3	Directive CFST 6508 relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail	32
2.3	Fréquence	5	4.3.1	Dangers particuliers	32
2.4	Ondes sonores et propagation du son	7	4.3.2	Détermination des dangers	33
2.5	Puissance acoustique	8	4.3.3	Analyse du risque	33
2.6	Niveau de pression acoustique	9	4.3.4	Participation du personnel	33
2.7	Niveau de pression acoustique pondéré selon la fréquence	10	4.4	Prévention et approbation des plans	33
2.8	Niveau de pression acoustique avec intégration temporelle	11	4.5	Installations et appareils techniques sûrs	34
2.8.1	Niveau de pression acoustique continu équivalent	11	4.6	Prescriptions relatives aux immissions de bruit extérieur	34
2.8.2	Niveau d'exposition acoustique L_E	11	4.7	Valeurs limites pour la protection contre le bruit dangereux pour l'ouïe	35
2.9	Niveau de puissance acoustique	12	4.7.1	Bruit continu	35
2.10	Analyses spectrales	13	4.7.2	Bruit impulsif	35
2.11	Signaux acoustiques	14	4.7.3	Mesures de protection contre le bruit	35
2.11.1	Son pur, son composé et bruit	14	4.8	Valeurs indicatives pour le bruit gênant aux postes de travail	36
2.11.2	Bruit continu, bruit intermittent et bruit impulsif	15	4.8.1	Valeurs indicatives en fonction de l'activité	36
2.12	Champs acoustiques	16	4.8.2	Valeurs indicatives pour le bruit de fond dans les locaux de travail	36
2.12.1	Champ sonore libre	16	4.9	Autres critères d'évaluation du bruit	36
2.12.2	Champ sonore diffus	17	4.9.1	Ultrasons	36
2.12.3	Champ sonore dans les locaux industriels	17	4.9.2	Infrasons	37
3	L'ouïe	19	4.10	Ordonnance son et laser	37
3.1	Structure de l'oreille et audition	19	4.11	Norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»	38
3.2	Perception du son	20	4.12	Déclaration du niveau sonore selon la directive européenne «Machines»	38
3.3	Examen audiométrique	21	4.13	Mesures de protection contre le bruit d'après la directive européenne 2003/10/CE	38
3.4	Influence de l'âge sur l'acuité auditive	22	5	Technique de mesure du bruit	40
3.5	Lésions auditives induites par le bruit	23	5.1	Objectif des mesures du bruit	40
3.6	Evaluation de la faculté auditive	26	5.2	Composants des instruments de mesure	40
3.7	Autres effets du bruit	26	5.3	Instruments de mesure et d'analyse du bruit aux postes de travail	43
3.7.1	Compréhension verbale et perception des signaux	26	5.4	Conseils pratiques pour les mesures de bruit	46
3.7.2	Gêne induite par le bruit	27	5.5	Mesures du bruit effectuées par la Suva	48
3.7.3	Effets extra-auditifs	28			

6	Appréciation du bruit	49	8	Equipement de protection individuelle	68
6.1	Appréciation du niveau d'exposition au bruit L_{EX}	49	8.1	Port de protecteurs d'ouïe	68
6.1.1	Bases d'appréciation	49	8.2	Information et formation	68
6.1.2	Calcul du niveau d'exposition au bruit L_{EX}	49	8.3	Choix des protecteurs d'ouïe appropriés	68
6.1.3	Niveaux d'exposition quotidien et annuel	51	8.4	Utilisation systématique et correcte	70
6.1.4	Aide pour la détermination du niveau d'exposition au bruit L_{EX}	51	8.5	Perception des signaux avec protecteurs d'ouïe	71
6.1.5	Exemples de calcul	52			
6.2	Appréciation de l'exposition au bruit impulsif	54	9	Prévention des lésions auditives induites par le bruit	73
6.2.1	Bases d'appréciation	54	9.1	Lutte contre le bruit dans le concept de sécurité de l'entreprise	73
6.2.2	Détermination des grandeurs d'appréciation	54	9.1.1	Plan de lutte contre le bruit dans l'entreprise	73
6.2.3	Utilisation des critères d'appréciation	54	9.1.2	Comportement en cas d'accident ou d'incident dangereux pour l'ouïe	73
6.3	Appréciation des postes de travail	55	9.1.3	Procédure en cas de soupçon de lésions auditives induites par le bruit	75
6.3.1	Appréciation du risque au moyen des tableaux généraux de niveaux sonores	55	9.2	Programme Suva de prévention des lésions auditives	75
6.3.2	Mesurage par l'entreprise	55	9.2.1	Examens auditifs dans l'audiomobile	75
6.3.3	Mesurage effectué par la Suva dans des entreprises	56	9.2.2	Personnes examinées dans les audiomobiles	76
6.4	Rapport de mesure portant sur les mesurages effectués dans une entreprise précise	56	9.2.3	Organisation et déroulement d'un examen dans un audiomobile	77
6.5	Tableaux généraux des niveaux sonores	58	9.2.4	Examen dans l'audiomobile	79
6.5.1	Niveau d'exposition au bruit selon les activités	58	9.3	Pourcentage de travailleurs exposés au bruit selon les branches	79
6.5.2	Niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}	59	9.4	Evolution de l'exposition professionnelle au bruit	80
			9.5	Contrôle de l'efficacité de la prévention des lésions auditives	80
			9.6	Bruit dangereux durant les loisirs	81
7	Mesures techniques de lutte contre le bruit	60	10	Résumé	82
7.1	Bases légales	60			
7.2	Principes de la lutte contre le bruit	60	Annexe 1	Informations complémentaires	83
7.3	Mesures techniques de lutte contre le bruit	61		Bibliographie	83
7.4	Source du bruit: 1 ^{re} priorité	61		Législation	83
7.4.1	Réduction du bruit généré	61		Normes	83
7.4.2	Réduction de la transmission du bruit	62		Organes de surveillance et d'exécution	83
7.4.3	Réduction du rayonnement sonore	62		Institutions privées	83
7.4.4	Encoffrage	63	Annexe 2	Grandeurs d'acoustique	84
7.4.5	Manutention	63		Dénominations internationales, références aux normes de base	84
7.5	Local de travail: 2 ^e priorité	65	Annexe 3	Grandeurs et unités physiques et d'acoustique	86
7.5.1	Subdivision spatiale	65			
7.5.2	Mesures d'acoustique	65			
7.6	Réduction de l'exposition au bruit: 3 ^e priorité	67			
7.6.1	Organisation du travail	67			
7.6.2	Equipement de protection individuelle	67			

1 Introduction

Lorsqu'on entend mal, on éprouve des difficultés à comprendre ce qui est dit et on se trouve vite isolé socialement. Communiquer est pourtant vital. Ce n'est pas sans raison que l'ouïe est considérée généralement comme l'organe de communication le plus important.

Près de 200 000 personnes travaillant dans environ 22 000 entreprises en Suisse sont exposées à des bruits dangereux pour l'ouïe. Depuis des décennies, la Suva s'engage en faveur de la prévention des lésions auditives. La législation la charge de surveiller l'application des prescriptions sur la prévention des maladies professionnelles dans toutes les entreprises en Suisse.

Des succès notables ont été enregistrés ces dernières décennies en matière de prévention des lésions auditives. Ainsi, en 1973, 37 % des personnes examinées par la Suva présentaient des lésions auditives légères ou importantes, contre 9 % en 2004, soit une baisse de 75 %. On comptabilise cependant encore près de 700 cas de surdité par an dus à des lésions incurables (chiffres de 2004), ce qui constitue encore la troisième maladie professionnelle la plus fréquente.

Les premières valeurs limites du bruit pour les postes industriels ont été introduites en Suisse il y a quarante ans. La lutte technique contre le bruit s'effectue essentiellement sur trois plans:

- utilisation de machines et de procédés moins bruyants;
- encoffrage des machines;
- amélioration de l'acoustique des locaux de travail.

L'application de mesures techniques de lutte contre le bruit est une tâche de longue haleine. Elle doit se faire sur la durée.



Figure 1: Postes de travail exposant fortement au bruit sur un chantier de creusement d'un tunnel.

En 1976, la Suva effectuait déjà 100 000 examens auditifs dans un de ses audiomobiles. Ces contrôles ont permis d'augmenter nettement le port de protecteurs d'ouïe par les travailleurs. Aujourd'hui, les spécialistes en audiométrie de la Suva visitent chaque année 4000 entreprises et vérifient, dans cinq audiomobiles, l'audition de près de 40 000 personnes. Plus de 90 % des travailleurs examinés portent à présent des protecteurs d'ouïe.

Depuis la première parution de la présente brochure en 1988, la lutte contre le bruit a beaucoup évolué, ce dont tient compte la nouvelle édition:

- augmentation du nombre de personnes s'intéressant à la lutte contre le bruit;
- élargissement des bases légales relatives à l'aménagement des locaux de travail (loi sur le travail, ordonnances 3 et 4);
- amélioration de l'acoustique des ateliers et des halles de fabrication, bien qu'il reste encore des progrès à accomplir;
- baisse importante du niveau sonore à de nombreux postes de travail grâce à l'utilisation de machines moins bruyantes et de nouveaux procédés;

- port de plus en plus répandu de protecteurs d'ouïe par les personnes travaillant à des postes de travail bruyants;
- commercialisation de nouveaux protecteurs d'ouïe plus confortables, notamment:
 - tampons auriculaires isolant bien mieux du bruit,
 - tampons auriculaires avec une isolation linéaire du bruit, spécialement adaptés aux besoins des musiciens,
 - protecteurs d'ouïe (tampons et coquilles) actifs à partir d'une exposition au bruit dépassant 80 dB;
- commercialisation de sonomètres pratiques, bon marché et faciles à utiliser, permettant aussi à des non-spécialistes d'effectuer des mesures simples du bruit.



Figure 2: de nombreux processus de production industriels exposent les personnes à un niveau de bruit important (travailleur à une chaîne d'embouteillage).

L'entrée en vigueur de la directive CFST relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail le 1^{er} janvier 2000 a entraîné des modifications de la législation inhérente à la lutte contre le bruit et a amélioré de manière significative la mise en œuvre de mesures efficaces. Dans le cadre des systèmes de sécurité d'entreprise, le bruit est indiqué clairement comme un risque particulier. L'employeur est donc tenu de prendre toutes les mesures nécessaires pour protéger la santé de son personnel.

Les critères d'appréciation de l'exposition au bruit ont été continuellement adaptés ces dernières années en fonction des normes, directives et connaissances actuelles.

Les spécialistes de la Suva s'occupent également du bruit dangereux durant les loisirs, du bruit gênant aux postes de travail ainsi de l'appréciation des caractéristiques acoustiques des locaux de travail et des émissions sonores autorisées pour les machines. Ces thèmes ne sont pas traités dans la présente brochure. Des informations complémentaires sont disponibles sur le site de la Suva à l'adresse www.suva.ch/bruit.

La présente brochure contient des informations de base et détaillées sur le bruit et ses effets ainsi que sur la lutte contre le bruit. La table des matières permet d'accéder rapidement aux chapitres souhaités.

2 Notions de base d'acoustique

2.1 Génération du son

Le son est produit par les vibrations mécaniques d'un milieu élastique (gaz, fluide ou solide). Aucun son n'est produit en l'absence de matériau (vide).

Un son aérien est produit directement:

- lorsqu'un gaz change brusquement de volume (explosion, détonation, éclatement d'un ballon par exemple);
- lorsque des tourbillons se forment dans un écoulement gazeux ou autour d'un corps animé de mouvements rapides (échappement d'air comprimé, bruits du vent par exemple);
- lorsque des colonnes d'air se mettent à vibrer (p. ex. dans les tuyaux d'orgues ou les flûtes).

Un son aérien est produit indirectement quand des vibrations de corps solides (éléments de machine, cloches, diapasons, membranes de haut-parleurs, etc.) sont transmises à l'air environnant (figure 3).

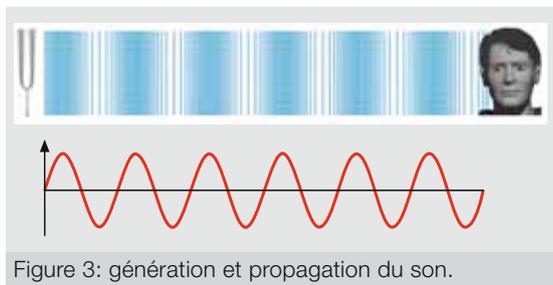


Figure 3: génération et propagation du son.

2.2 Pression acoustique

La pression est indiquée en pascals [Pa] ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ } \mu\text{bars}$). Les mouvements des particules d'air (figure 3) produisent de faibles variations de pression qui se superposent à la pression atmosphérique ambiante (statique), bien plus élevée:

Pression atmosphérique	$\sim 100\,000 \text{ Pa}$
Pression acoustique maximale de la parole (à 1 m de distance du locuteur)	$\sim 1 \text{ Pa}$
Variation de pression avec une modification de la hauteur de 8 cm	$\sim 1 \text{ Pa}$

Lors d'une excitation simple, par exemple au moyen d'un diapason, la pression acoustique oscille autour de sa pression statique, ce qui crée une oscillation acoustique sinusoïdale (figure 4). Plus l'amplitude est grande, plus le son est fort.

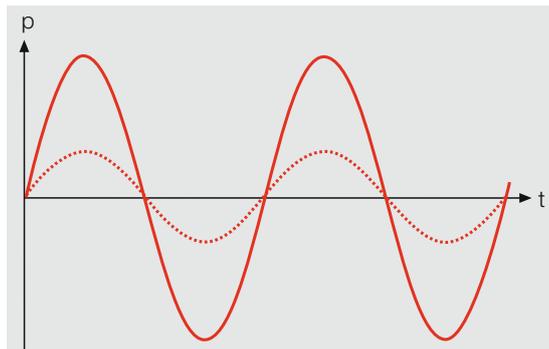


Figure 4: amplitude de l'oscillation acoustique: le son 1 (ligne continue) est plus fort que le son 2 (ligne pointillée).

2.3 Fréquence

Le temps qui s'écoule jusqu'à ce qu'un certain état se répète entre deux oscillations acoustiques périodiques est appelé **période t** (figure 5). Le nombre de ces périodes (oscillations) par unité de temps définit la hauteur du son (tonie) et s'appelle la **fréquence f** . Elle est indiquée en hertz [Hz] (= nombre d'oscillations par seconde).

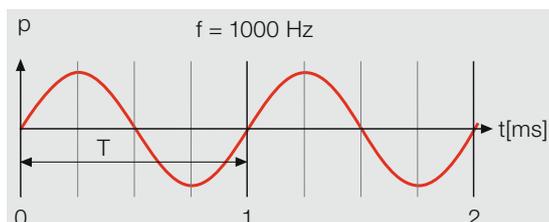


Figure 5: période et fréquence: oscillation avec une période T de 1 ms, soit 1000 oscillations par seconde = 1000 Hz.

$$f = \frac{1}{T}$$

f: fréquence en Hz

T: période en s

Formule 1

1 kHz = 1000 Hz = 1000 oscillations par seconde: son étalon.

Par convention, on nomme les sons avec une fréquence entre 20 Hz et 20 kHz «sons audibles». Les fréquences au-dessous de 20 Hz sont appelées «infrasons» et celles au-dessus de 20 kHz «ultrasons» (figure 6).

Les fréquences d'instruments de musique vont de 30 Hz à 16 kHz environ. Le diapason international (diapason de chambre a') a une fréquence de 440 Hz.

Pour les langues, c'est environ entre 100 Hz et 8 kHz. Les sifflantes, notamment les «s» et «f», présentent les fréquences les plus hautes. La transmission par le réseau téléphonique est cependant limitée à 300–3 500 Hz.

Le sifflement de l'écran d'un poste de télévision simple (50 Hz, et non pas «100 Hz») s'élève à 15,6 kHz (fréquence de ligne).

Les infrasons peuvent être d'origine naturelle (tonnerre, vagues de la mer, etc.) ou humaine (p. ex. moteurs Diesel de bateaux, avions à réaction).

Les ultrasons sont utilisés dans la nature (p. ex. par les chauves-souris pour s'orienter) et dans maintes techniques humaines. Ils servent ainsi dans l'industrie au nettoyage des pièces plongées dans des bains, au soudage de plastiques et à l'examen non destructif de matériaux et, en médecine, à poser un diagnostic et à soigner¹⁾.

¹⁾ Voir publication Suva 66077.f «Bruits des installations à ultrasons»

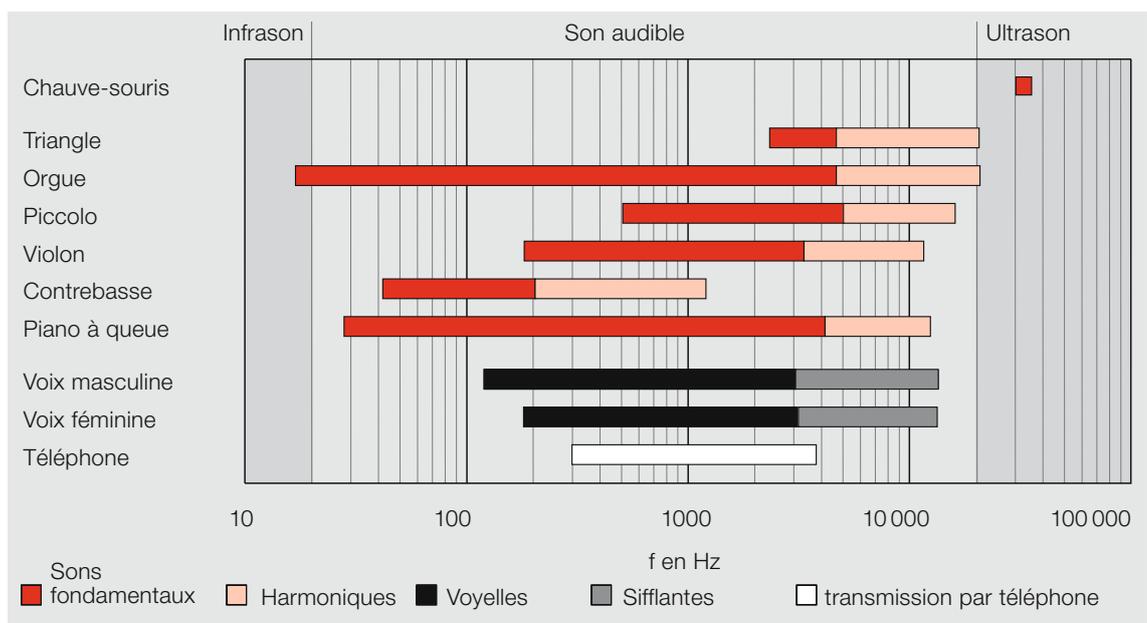


Figure 6: gammes de fréquences.

2.4 Ondes sonores et propagation du son

Les variations de pression dans l'air, par exemple après l'éclatement d'un ballon, se propagent dans toutes les directions, à la manière des cercles concentriques créés à la surface de l'eau lorsqu'une pierre y est jetée. La vitesse de propagation des **ondes sonores** dans l'air, soit la **célérité ou vitesse du son c**, ne varie pratiquement qu'en fonction de la température. Elle est de 331 m/s à 0°C et de 343 m/s à 20°C soit 1225 km/h.

$$c \approx 340 \text{ m/s}$$

Célérité du son dans l'air

La fréquence ne change pas lors de la propagation de l'onde sonore. La distance entre deux états identiques d'une onde sonore est appelée **longueur d'onde λ** (figure 7).

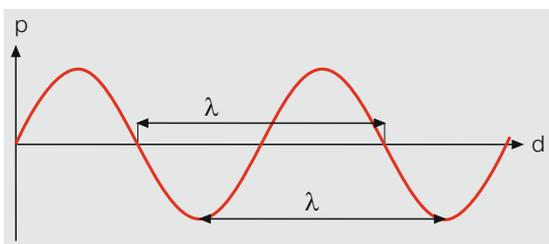


Figure 7: longueur d'onde.

Etant donné qu'une onde se propage à la célérité du son:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad c = \lambda \cdot f$$

λ : longueur d'onde en m
 c: célérité du son [m/s]
 f: fréquence [Hz = 1/s]

Formules 2, 3 et 4

La longueur d'onde décroît tandis que la fréquence augmente. Dans l'air, les ondes sonores dans la gamme des sons audibles (de 20 Hz à 20 kHz) ont des longueurs d'onde entre 17 mètres et 1,7 centimètre (proportion 1000 : 1, tableau 1).

En présence d'un obstacle (figure 8), le son est en partie réfléchi (réflexion) et absorbé par le matériau (absorption) alors que le reste traverse le matériau (transmission) ou le contourne (diffraction).

Fréquence	Longueur d'onde
20 kHz	1,7 cm
10 kHz	3,4 cm
1 kHz	34 cm
100 Hz	3,4 m
20 Hz	17 m

Tableau 1: fréquences et longueurs d'onde.

La réflexion, l'absorption, la transmission et la diffraction dépendent essentiellement de la longueur d'onde du son (et donc de sa fréquence). Les ondes courtes (fréquences élevées) peuvent être absorbées par des matériaux de faible épaisseur. Les ondes longues (basses fréquences) peuvent plus facilement pénétrer ou contourner un obstacle. Un effet d'ombre acoustique n'apparaît derrière un objet que lorsque les dimensions de ce dernier sont bien plus grandes que la longueur d'onde du signal sonore.

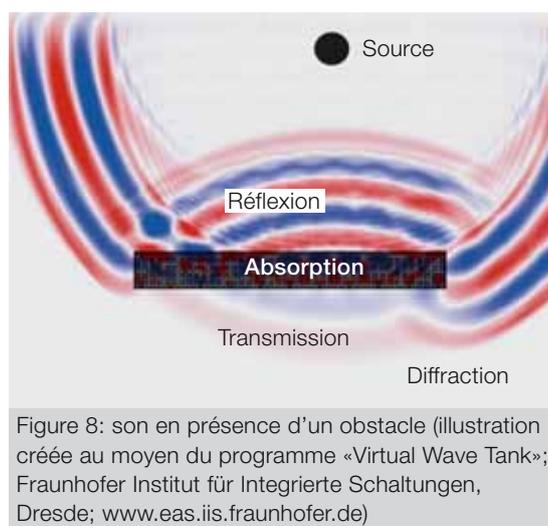


Figure 8: son en présence d'un obstacle (illustration créée au moyen du programme «Virtual Wave Tank»; Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen, Dresden; www.eas.iis.fraunhofer.de)

2.5 Puissance acoustique

La meilleure indication de l'émission d'une source sonore est fournie par la **puissance acoustique** (figure 9) dont l'unité est le watt (W), comme pour les puissances mécaniques, électriques et thermiques. Par exemple, un moteur a une puissance acoustique de 74 kW, soit environ 100 CV, alors qu'un four électrique transforme 500 W en chaleur.

Les puissances acoustiques de sources sonores courantes sont relativement faibles, comme le montre le tableau 2. Ces valeurs mettent aussi en évidence la grande sensibilité de l'oreille humaine.

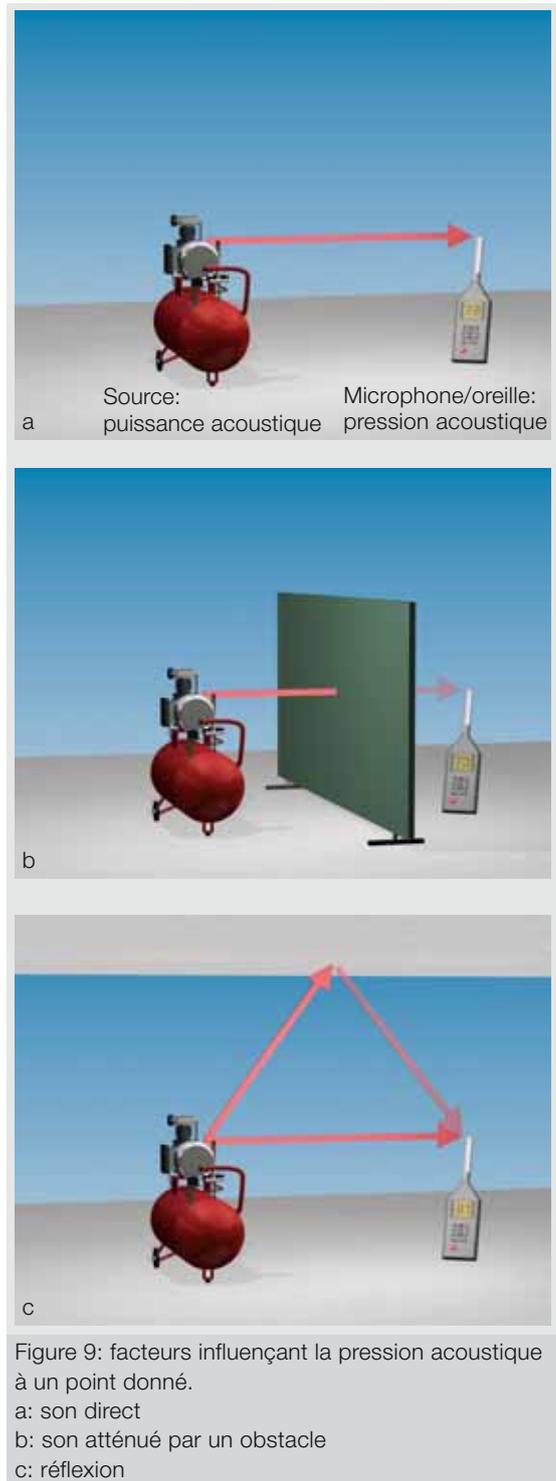
L'**énergie acoustique** émise par une source est égale au produit de la puissance acoustique moyenne par la durée d'émission.

Réfrigérateur	$1 \cdot 10^{-8}$ W	10 nW
Rasoir électrique	$1 \cdot 10^{-6}$ W	1 μ W
Tondeuse électrique à gazon moderne	$1 \cdot 10^{-5}$ W	10 μ W
Violon (fortissimo, très fort)	$1 \cdot 10^{-3}$ W	1 mW
Marteau-piqueur pneumatique	$1 \cdot 10^{-1}$ W	0,1 W
Orgue (fortissimo)	$1 \cdot 10^1$ W	10 W
Moteur à réaction (aviation civile)	$1 \cdot 10^4$ W	10 kW

Tableau 2: puissances acoustiques.

Les microphones de mesure comme l'oreille humaine réagissent à la pression acoustique. Cette dernière peut être mesurée directement et est déterminante pour la perception sonore. Mesurée à un point donné, elle dépend:

- de la puissance acoustique émise par la source (figure 9a; la puissance et l'énergie acoustiques sont proportionnelles au carré de la pression acoustique. Lorsque la pression acoustique double, la puissance acoustique quadruple);
- de diffusion dans toutes les directions (avec une puissance acoustique similaire, une concentration acoustique augmente la pression acoustique dans la direction principale);



- de l'éloignement de la source (dans un champ sonore libre, la pression acoustique diminue de moitié avec le doublement de la distance);
- de la présence d'obstacles entre la source et le point de mesure (figure 9b; ils diminuent la pression acoustique en fonction de la fréquence);
- de la présence ou non d'importantes réflexions sur le sol, les parois ou le plafond (figure 9c; elles augmentent en général la pression acoustique);
- de la présence ou non d'autres sources sonores (elles augmentent aussi la pression acoustique).

2.6 Niveau de pression acoustique

L'oreille humaine peut traiter des pressions acoustiques dans une gamme très étendue:

Pression acoustique au seuil d'audition:

$$20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 0,00002 \text{ Pa}$$

Pression acoustique au seuil de douleur:

$$20 \text{ Pa} = 2 \cdot 10^1 \text{ Pa}$$

Ces grandeurs de pressions acoustiques, représentant un rapport de 1 à 1 million, sont peu pratiques à manier et ne correspondent pas à la perception que l'on a d'une intensité sonore.

Le recours au **niveau de pression acoustique** en décibels (dB) permet de réduire fortement cette gamme de valeurs. L'unité décibel (= $1/10$ Bel), d'après le nom de l'inventeur du téléphone A.G. Bell (1847–1922), tire son origine de la technique des télécommunications qui définit un niveau comme un logarithme d'une grandeur par rapport à une autre de référence de même nature. En appliquant ce principe à la pression acoustique et en prenant comme grandeur de référence la pression acoustique au seuil d'audition, on obtient la définition du **niveau de pression** acoustique ou niveau sonore. (Remarque: par convention, la forme abrégée de «niveau sonore» s'emploie aussi à la place de «niveau de pression acoustique». Elle n'est en revanche jamais un synonyme de «niveau de puissance acoustique».)

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \text{ [dB]} \quad L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ [dB]}$$

L_p : niveau de pression acoustique en décibels [dB]

p : pression acoustique mesurée

p_0 : pression acoustique de référence (seuil d'audition), $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$

Formule 5 et 6

Remarque: le facteur 10 apparaît pour les grandeurs proportionnelles à la puissance, telles que puissance acoustique, énergie sonore, intensité acoustique ou pression acoustique élevée au carré, alors que le facteur 20 apparaît pour la pression acoustique et les grandeurs qui y sont proportionnelles (tension électrique, etc.).

Des niveaux de pression acoustique courants et des pressions acoustiques caractéristiques sont indiqués à la figure 10.

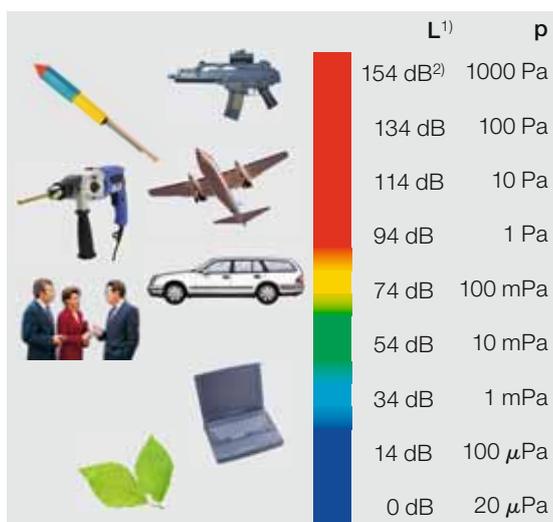


Figure 10: niveaux de pression acoustique L et pressions acoustiques p caractéristiques.

¹⁾ Mesures effectuées avec le filtre de pondération A (voir point 5.2);

²⁾ valeur de crête mesurée près de l'oreille (constante de temps «Peak» (crête), voir point 5.2)

Lorsqu'il y a plusieurs sources sonores simultanées, les différentes puissances acoustiques s'additionnent. Le niveau sonore total de n machines avec chacune le même niveau L_1 se calcule au moyen de la formule 7:

$$L_{\text{total}} = L_1 + 10 \lg n \text{ [dB]}$$

Formule 7

Le tableau 3 montre comment le niveau de pression acoustique augmente avec la multiplication du nombre de sources identiques. Ainsi, en présence de dix sources sonores identiques au lieu d'une seule (puissance acoustique multipliée par dix), la pression acoustique est multipliée par trois et le niveau de pression acoustique augmente de 10 dB.

Nombre de sources identiques	Puissance acoustique	Pression acoustique	Niveau sonore
	x 100	x 10	+ 20 dB
	x 10	x 3	+ 10 dB
	x 4	x 2	+ 6 dB
	x 2	x 1,4	+ 3 dB
	x 1	x 1	+ 0 dB

Tableau 3: augmentation du niveau de pression acoustique avec la multiplication du nombre de sources identiques.

Si le niveau sonore des différentes sources sonores diffère, les puissances acoustiques s'additionnent. On obtient ainsi un nouveau niveau sonore (formule 8).

$$L_{\text{total}} = 10 \lg \left(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} + \dots + 10^{0,1 \cdot L_n} \right) \text{ [dB]}$$

Formule 8

Au lieu de calculer ce niveau au moyen de la formule 8, on peut aussi utiliser la feuille de calcul Excel sur (www.suva.ch/bruit).

Le tableau 4 permet d'effectuer des évaluations de ce niveau. En calculant la différence entre les niveaux sonores $L_1 - L_2$, on obtient la valeur K (arrondie à une valeur entière en décibels), qui est à ajouter au niveau sonore le plus élevé pour connaître le niveau sonore total.

$ L_1 - L_2 $	K
de 0 à 1 dB	3 dB
de 2 à 3 dB	2 dB
de 4 à 8 dB	1 dB
> 9 dB	0 dB

Tableau 4: addition de niveaux sonores.

Exemple: deux sources sonores ayant respectivement un niveau sonore de 90 et de 84 dB (donc $L_1 - L_2 = 6$ dB), produisent ensemble un niveau sonore de 1 dB supérieur au niveau le plus fort, soit 91 dB.

2.7 Niveau de pression acoustique pondéré selon la fréquence

On utilise des filtres de pondération normalisés selon la norme CEI 61672-1 pour tenir compte de la sensibilité différente de l'oreille selon les fréquences (voir point 3.1) au moins de façon approximative et simple. Le filtre de pondération A est le plus approprié pour évaluer les bruits dangereux (figure 11).

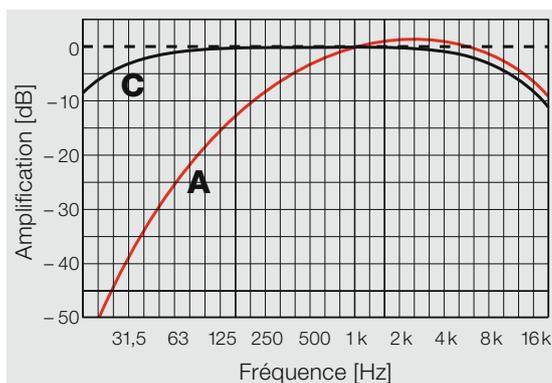


Figure 11: filtres de pondération A et C.

¹⁾ CEI = Commission électrotechnique internationale

2.8 Niveau de pression acoustique avec intégration temporelle

Il est utile de disposer pour un signal sonore qui fluctue d'un niveau moyen comme valeur caractéristique, car ce qui est décisif pour évaluer la dangerosité du bruit pour l'ouïe c'est surtout l'énergie sonore globale.

2.8.1 Niveau de pression acoustique continu équivalent

Le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} (figure 12) équivaut sur le plan énergétique au niveau de pression acoustique variable. Le temps de référence est le temps de mesure.

$$L_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right) \text{ [dB]}$$

T_m : temps de mesure

L_{eq} : niveau de pression acoustique continu équivalent

Formule 9

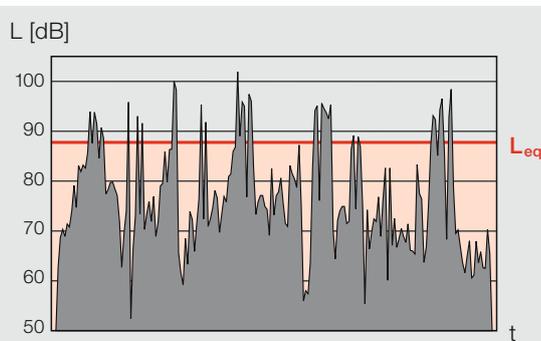


Figure 12: évolution temporelle du niveau de pression acoustique $L(t)$ et du niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} .

2.8.2 Niveau d'exposition acoustique L_E

Le niveau d'exposition acoustique L_E (Sound exposure level, abrégé aussi SEL) représente aussi un niveau énergétique moyen. On utilise cependant toujours comme temps de référence une seconde, quel que soit le temps réel de mesure (figure 13).

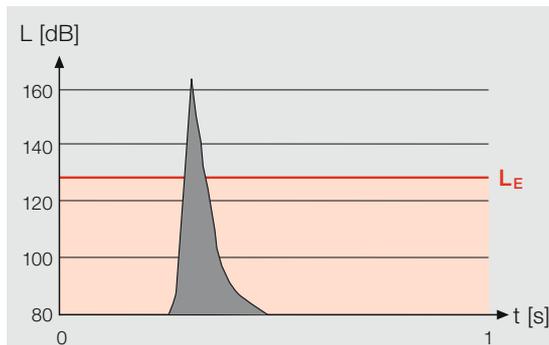


Figure 13: niveau d'exposition acoustique L_E .

$$L_E = 10 \lg \left(\frac{1}{T_1} \int_0^{T_m} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right) \text{ [dB]}$$

T_m : temps de mesure

T_1 : temps de référence, $T_1 = 1$ seconde

Formule 10

C'est la raison pour laquelle L_E augmente continuellement avec un signal sonore continu et reste constant après une impulsion sonore suffisamment élevée par rapport au bruit de fond. Cette grandeur est donc particulièrement adaptée à la saisie des événements sonores uniques tels qu'une détonation.

L_E croît en fonction du nombre d'impulsions (n) selon la formule:

$$L_E = L_{E,1} + 10 \lg n$$

Formule 11

Exemple: un coup de fusil d'assaut atteint, au niveau de l'oreille du tireur, la valeur L_E de 129 dB. Lors d'un exercice de tir avec quarante coups tirés, on obtient $L_E = 145$ dB.

Le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} et le niveau d'exposition acoustique L_E sont liés par le temps de mesure T_m :

$$L_E = L_{eq} + 10 \lg T_m \text{ [dB]}$$

Formule 12

Par exemple, le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} sur 8 h peut être calculé à partir du L_E d'une impulsion ($L_{E,1}$) et du nombre d'impulsions n :

$$L_{eq, 8h} = L_{E,1} + 10 \lg n - 44,6 \text{ [dB]}$$

Formule 13

La différence de niveau de 44,6 dB correspond à $10 \lg 28800$ ($8 \text{ h} = 28800 \text{ secondes}$).

2.9 Niveau de puissance acoustique

Conformément à la norme ISO 131-1979 et comme pour le niveau de pression acoustique, il est possible d'obtenir un **niveau de puissance acoustique L_W** à partir de la puissance acoustique d'une source sonore (voir point 2.5):

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0} \text{ [dB]}$$

W : puissance acoustique en W

W_0 : puissance acoustique de référence,

$$W_0 = 1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$$

Formel 14

Le tableau 5 indique les puissances acoustiques et les niveaux de puissance acoustique de divers objets.

Source de bruit	Puissance acoustique en W	L_W en dB
Moustique volant	10^{-11}	10
Réfrigérateur	10^{-8}	40
PC (sans clavier, imprimante, etc.)	10^{-7}	50
Rasoir électrique	10^{-6}	60
Tondeuse électrique à gazon moderne	10^{-5}	70
Scooter de 50 ccm	10^{-4}	80
Violon (fortissimo, très fort)	10^{-3}	90
Scie circulaire	10^{-2}	100
Marteau-piqueur pneumatique	10^{-1}	110
Klaxon	1	120
Orgue (fortissimo)	10	130
Moteur à réaction (aviation civile)	10^4	160

Tableau 5: puissances acoustiques et niveaux de puissance acoustique types.

Pour une source sonore ponctuelle placée dans un champ sonore libre et rayonnant dans toutes les directions (figure 14, propagation sphérique du son), le niveau de pression acoustique L_p se calcule à partir du niveau de puissance acoustique L_W comme suit:

$$L_p = L_W - 20 \lg \frac{r}{r_0} - 11 \text{ [dB]}$$

r : distance en m

r_0 : distance de référence, $r_0 = 1 \text{ m}$

Formule 15

On obtient la valeur de 11 dB sur la base d'une sphère d'un rayon $r = 1 \text{ m}$ avec une superficie de $4\pi r^2 = 12,6 \text{ m}^2$ sur laquelle se propage la puissance acoustique de la source. Le niveau de pression acoustique sur cette superficie est donc de $10 \lg (12,6) \text{ dB} = 11 \text{ dB}$ au-dessous du niveau de puissance acoustique.

Lorsque la superficie de la sphère est de 1 m^2 , avec un rayon de 28 cm, le niveau de pression acoustique et le niveau de puissance acoustique sont similaires.

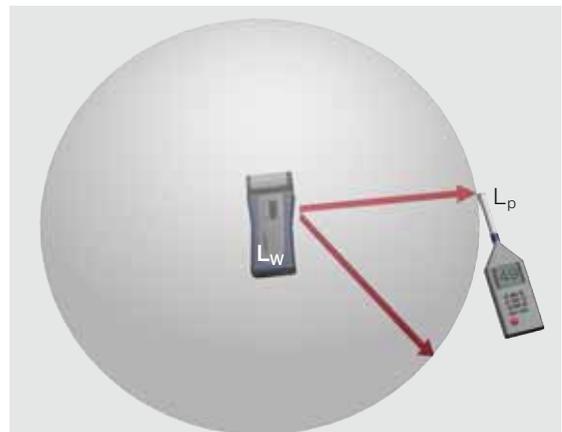


Figure 14: niveau de puissance acoustique et niveau de pression acoustique dans un champ sonore libre.

Un rayonnement dirigé entraîne, à une distance égale, un niveau de pression acoustique plus élevé qu'avec un rayonnement sphérique. Si par exemple, la propagation du son ne s'effectue que sur un hémisphère en raison de l'emplacement de la source sur une surface très réfléchissante, le niveau de pression acoustique augmente de 3 dB (figure 15).

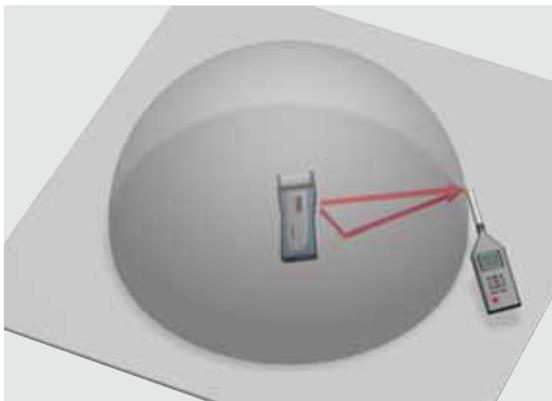


Figure 15: source sonore sur une surface, rayonnement hémisphérique.

Comme mentionné au point 2.6, le niveau de pression acoustique augmente également en raison de composantes sonores indirectes (réfléchies) lorsque le point de mesure ne se trouve pas directement dans le champ sonore (voir point 2.12) et en raison de bruits étrangers dont le niveau de pression acoustique au point de mesure n'est pas de 10 dB au minimum inférieur à celui de l'objet mesuré (addition des niveaux, voir point 2.6).

On ne peut pas mesurer directement le niveau de puissance acoustique. Il est cependant possible de le déterminer par exemple dans une pièce réverbérante, par comparaison avec une source de référence, par mesure de l'intensité sonore ou par mesure de la pression sonore à la surface enveloppante d'une source. Dans le dernier cas, il convient cependant de tenir compte aussi de la taille de cette surface ainsi que des bruits de fonds éventuels (ISO 3746, DIN 45635). De plus amples informations sont disponibles dans la publication Suva «Puissance acoustique et mesures d'homologation» (réf. Suva 66027.f).

2.10 Analyses spectrales

Le domaine des fréquences audibles est souvent subdivisé en plusieurs bandes de fréquences pour chacune desquelles on détermine le niveau de pression acoustique. L'analyse spectrale est par exemple nécessaire pour tenir compte des paramètres dépendants de la fréquence (p. ex. l'absorption acoustique) ou pour estimer la perception de l'oreille humaine qui effectue elle-même une analyse spectrale.

L'analyse spectrale usuelle en acoustique s'effectue par bandes de fréquence dont la largeur augmente proportionnellement à la fréquence centrale de la bande. En revanche, les analyses par bandes étroites ou de Fourier s'effectuent dans une largeur de bande constante.

Pour les analyses sommaires, on travaille avec des bandes d'octave dont les fréquences centrales s'obtiennent par division ou multiplication par deux de la fréquence de référence de 1000 Hz selon la norme CEI 225: ... 31,5, 63, 125, 250, 500, **1000**, 2000, 4000, 8000, 16 000, etc.

Pour réaliser des analyses plus précises, on divise chaque bande d'octave en trois bandes de tiers d'octave dont les fréquences centrales sont indiquées dans la norme CEI 225 (voir tableau 6):

25	50	100	200	400	800	1 600	3 150	6 300	12 500
31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
40	80	160	315	630	1 250	2 500	5 000	10 000	20 000

Tableau 6: fréquences centrales normalisées des bandes de tiers d'octave et des bandes d'octave (ligne du milieu). Toutes les valeurs sont en hertz (Hz).

Les analyses spectrales sont le plus souvent représentées sous forme de diagrammes en bâtons (figure 16). L'axe horizontal indique les fréquences centrales des bandes et l'axe vertical le niveau sonore dans la bande de fréquence correspondante.

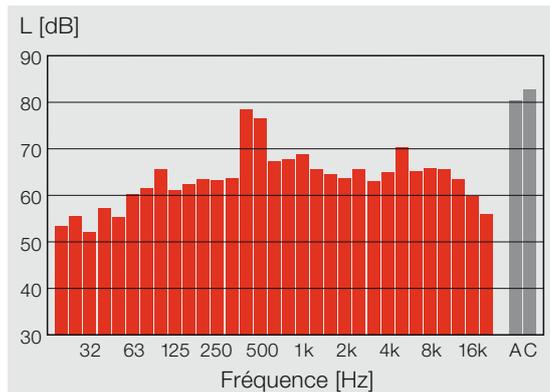


Figure 16: analyse par tiers d'octave de 20 Hz à 20 kHz.

2.11 Signaux acoustiques

2.11.1 Son pur, son composé et bruit

Le son pur, le son composé et le bruit diffèrent par la composante spectrale du signal (figure 17).

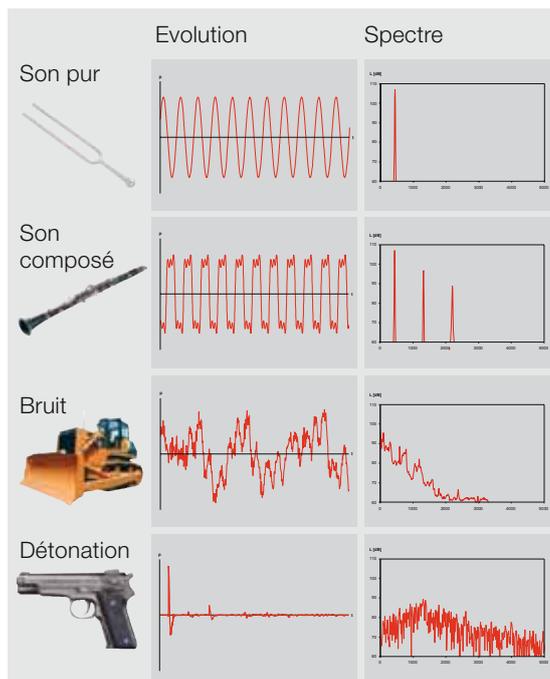


Figure 17: son pur, son composé, bruit et détonation.

Un **son pur** est une vibration acoustique sinusoïdale, c'est-à-dire composée d'une seule fréquence, comme par exemple le son du diapason, la tonalité du téléphone ou le son de la flûte (très près d'un son pur).

Le **son composé** contient un son fondamental et des harmoniques, à savoir des multiples entiers de la fréquence fondamentale. Ces harmoniques déterminent le timbre. Exemples: violon ou instruments à vent.

Les **bruits** sont des événements acoustiques non périodiques et composés de nombreuses fréquences non harmoniques, c'est-à-dire de fréquences qui ne sont pas dans un rapport entier entre elles. Une hauteur de son ne peut être indiquée. Exemples: bruit d'une cascade ou d'un marteau-piqueur.

On utilise souvent dans les mesures acoustiques le «bruit rose» comme signal de mesure. Ce bruit se caractérise par un niveau sonore constant dans toutes les bandes d'octave et présente donc un spectre linéaire. En revanche, le niveau sonore d'un «bruit blanc» augmente de 3 dB par octave en fonction de la fréquence (figure 18).

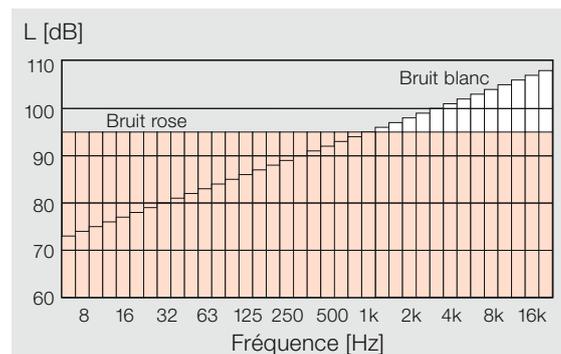


Figure 18: bruits blanc et rose.

Il existe, en fonction du spectre, des bruits à large bande, à haute et basse fréquence.

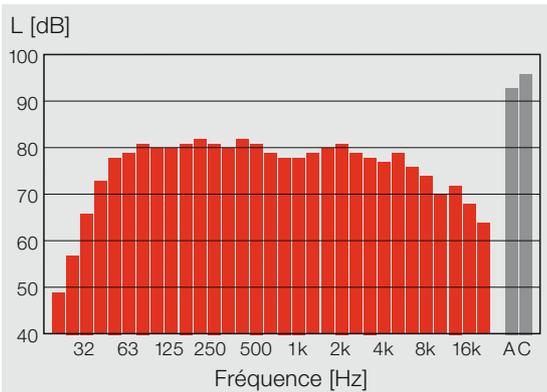


Figure 19: bruit à large bande.

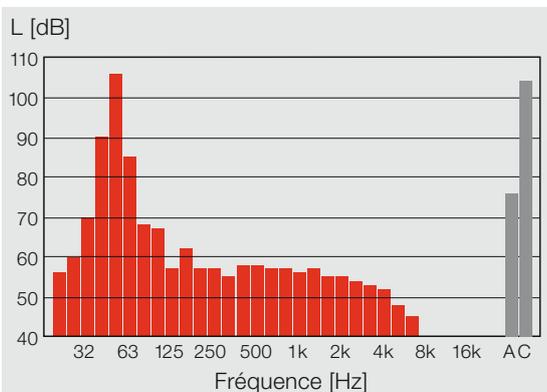


Figure 20: bruit à basse fréquence.

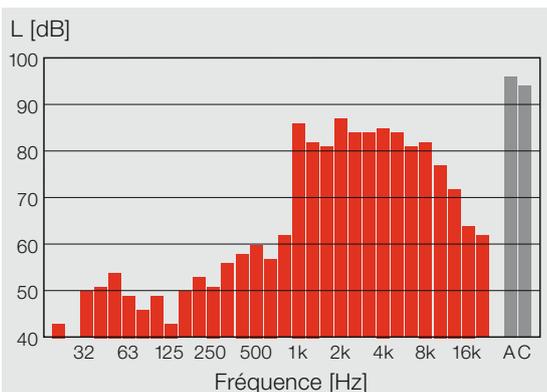


Figure 21: bruit à haute fréquence.

2.11.2 Bruit continu, bruit intermittent et bruit impulsif

Le bruit continu, le bruit intermittent et le bruit impulsif se différencient par l'évolution temporelle du signal sonore.

Le **bruit continu** est globalement constant, de même que le niveau de pression acoustique et le spectre. Exemple: groupe électrogène de secours fonctionnant à un régime constant avec un moteur Diesel.

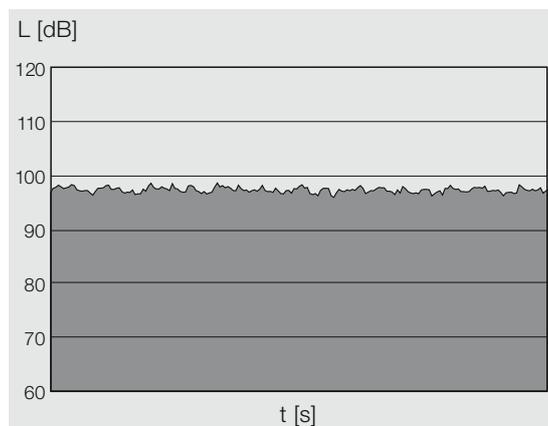


Figure 22: bruit continu (local de tissage).

Le **bruit intermittent** se caractérise par une succession de phases de bruits comportant chacune un niveau et un spectre de fréquence différents (figure 23). Un bruit intermittent est produit par plusieurs machines fonctionnant alternativement ou par une machine fonctionnement à différents régimes. Par exemple: tronçonneuse au ralenti, puis en pleine puissance et en charge.

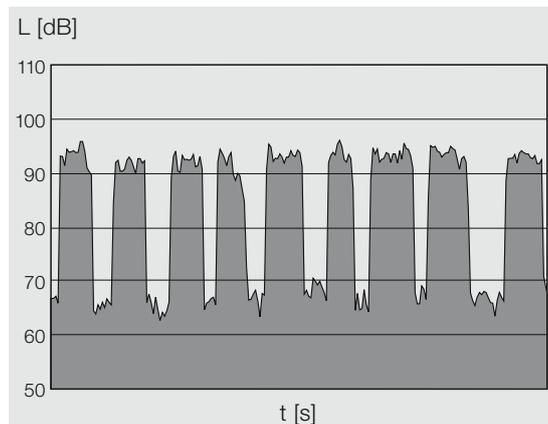


Figure 23: bruit intermittent (signal d'avertissement).

Le bruit impulsif est un événement sonore bref caractérisé par une haute valeur de crête de la pression acoustique, p. ex. coups, détonations, explosions.

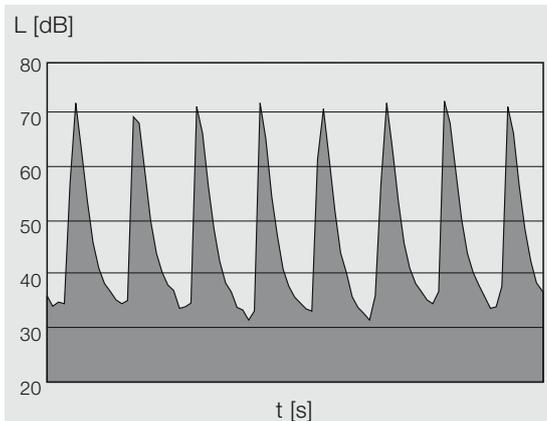


Figure 24: bruit impulsif.

Les détonations dues à une arme sont des cas extrêmes dans lesquels le niveau de pression acoustique peut dépasser 150 dB en un millionième de seconde et qui ne durent que quelques fractions de seconde (figure 25).



Figure 25: détonation produite par le déclenchement d'un airbag, niveau de pression acoustique de crête $L_{\text{peak}} = 160 \text{ dB(C)}$.

2.12 Champs acoustiques

2.12.1 Champ sonore libre

Lorsqu'il n'existe pas de surfaces limites ou que le bruit est absorbé efficacement par des surfaces limites, le son n'est que direct. C'est par exemple le cas en pleine nature, surtout avec un sol couvert de neige ou d'herbe, dans une chambre anéchoïde ou une pièce insonorisée.

La pression acoustique diminue avec l'augmentation de la distance, car l'énergie acoustique se répartit sur une plus grande surface («effet de dilution», figure 26). Ainsi, la pression acoustique d'une source ponctuelle est divisée par deux et le niveau de pression acoustique diminué de 6 dB à chaque doublement de la distance.

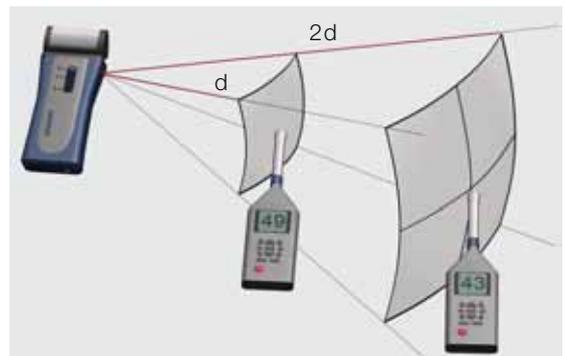


Figure 26: diminution de la pression acoustique avec l'éloignement croissant d'une source ponctuelle.

Cette évolution du niveau ne se vérifie qu'à condition que la source du bruit soit inférieure dans toutes les dimensions au triple de la distance de mesure et qu'elle apparaisse comme une source ponctuelle pour le récepteur.

Le niveau de pression acoustique demeure en revanche constant dès que les deux dimensions de la surface diffusant le bruit dépassent le triple de la distance de mesure (source plane, p. ex. façade de fabrique). Le niveau de pression sonore décroît de 3 dB à chaque doublement de la distance lorsque la source du bruit ne dépasse que dans une dimension le triple de la distance de mesure (source linéique, p. ex. autoroute avec une circulation dense).

Indépendamment de cette baisse du niveau sonore due à la géométrie («effet de dilution»), il existe aussi un affaiblissement du niveau sonore proportionnel à la distance, en particulier dans les fréquences élevées dont l'amplitude à 4 kHz est d'environ 20 à 30 dB par kilomètre. Ce phénomène explique pourquoi, en cas d'orage, on ne perçoit de loin que le grondement sourd du tonnerre alors qu'à proximité, la foudre semble tomber avec fracas.

2.12.2 Champ sonore diffus

Des surfaces limites qui réfléchissent la plus grande partie du bruit sont nécessaires pour qu'il y ait un champ diffus. Les réflexions proviennent de toutes les directions et se suivent si rapidement qu'aucun écho particulier ne peut être perçu. Toutes ces réflexions forment ce qu'on appelle la **réverbération**, qui diminue progressivement après l'arrêt du bruit. Le temps écoulé jusqu'à ce que le niveau sonore ait diminué de 60 dB est appelé temps de réverbération T_{60} . C'est une grandeur importante d'acoustique des locaux. Comme mentionné au point 2.3, l'absorption du son est fonction de la fréquence. Le temps de réverbération varie donc selon la fréquence et est indiqué en bandes d'octave ou de tiers d'octave (amplitude dans les fréquences moyennes: salle de séjour: environ 0,5 s, salle de concert: de 1 à 2 s, cathédrale: de 4 à 8 s).

Le champ sonore diffus idéal est obtenu dans un local réverbérant. Les parois en biais et convexes sans absorption réfléchissent et diffusent le bruit de façon tellement uniforme que la pression sonore est pratiquement constante dans tout le local. Il est possible de déterminer dans de tels locaux la puissance acoustique d'un appareil ou le pouvoir d'absorption d'échantillons de matériaux.

2.12.3 Champ sonore dans les locaux industriels

Les champs sonores diffus et direct se superposent dans les locaux. Le son direct domine à proximité de la source de bruit. L'évolution du niveau sonore est fonction de l'éloignement et des dimensions de la source. Elle est peu influencée par les caractéristiques acoustiques du local. Des mesures acoustiques, telles que la pose d'un plafond acoustique, ne sont donc guère efficaces pour réduire le niveau de pression acoustique à proximité de la source de bruit.

En revanche, loin de la source de bruit, c'est le bruit indirect (réfléchi) qui est prépondérant. Le niveau de pression acoustique ne varie pas en théorie en fonction du lieu (figure 27) mais des propriétés absorbantes du local. La distance à laquelle les sons directs et diffus présentent le même niveau s'appelle le rayon de réverbération. Elle dépend de la fréquence de telle sorte qu'en pratique, le niveau de pression acoustique à large bande présente toujours une évolution coulée.

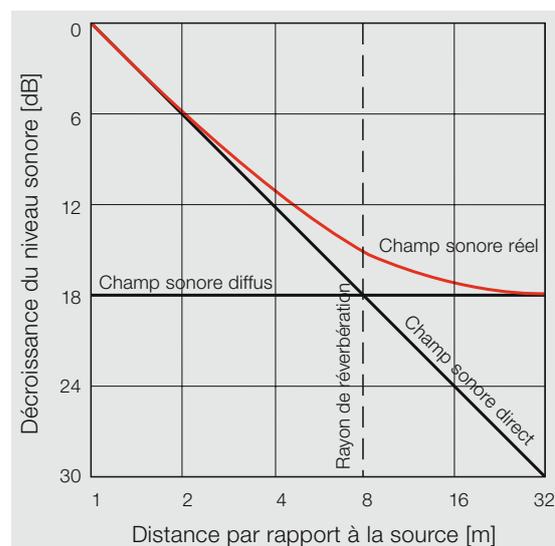
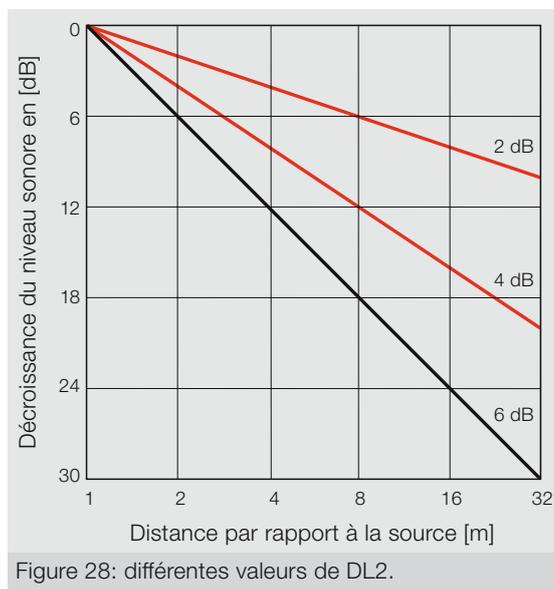


Figure 27: superposition des champs sonores direct et diffus (rayon de réverbération de 8 m).

Dans les locaux industriels, on rencontre rarement un tel champ diffus et le niveau de pression acoustique continue de décroître à une distance plus grande de la source. La décroissance du niveau sonore par doublement de la distance dans une zone d'éloignement moyen (DL2) peut servir de grandeur d'évaluation des qualités acoustiques d'un local (figure 28). Des exemples pratiques sont présentés au point 7.5.2.



3 L'ouïe

3.1 Structure de l'oreille et audition

Au cours des plus de 100 000 ans d'évolution, l'ouïe est devenue un organe miniature ultra-performant dans lequel on trouve sur une très petite superficie quatre modes de transmission qui se complètent. Les ondes sonores sont collectées par le pavillon de l'oreille qui les modifie différemment selon leur direction d'entrée dans le pavillon. Puis, elles atteignent le tympan via le conduit auditif, dans lequel les fréquences dans la gamme de 3000 Hz sont fortement amplifiées par résonance du conduit auditif. La transmission s'effectue ici uniquement par l'air. A la manière d'une membrane de microphone, le tympan réagit à la différence de pression entre le conduit auditif et la cavité de l'oreille moyenne, dont la pression demeure égale à la pression atmosphérique grâce à la trompe d'Eustache qui va à la partie supérieure de la gorge. Les vibrations du tympan sont répercutées par les trois osselets (le marteau, l'enclume et l'étrier) et ainsi transmises à la fenêtre ovale (transmission mécanique), qui est reliée à la cochlée, remplie de fluide. La cochlée ou limaçon, qui est divisée dans le sens de la longueur par la membrane basilaire, a environ la taille d'un petit pois (figure 29).

Les vibrations de la fenêtre ovale se transmettent au fluide de l'oreille interne sous forme d'ondes progressives et mettent en mouvement différentes parties de la membrane basilaire selon la fréquence: à proximité de la fenêtre ovale pour les fréquences élevées et à proximité du centre de la cochlée pour les fréquences basses (figure 30). Il s'agit d'une première analyse spectrale.

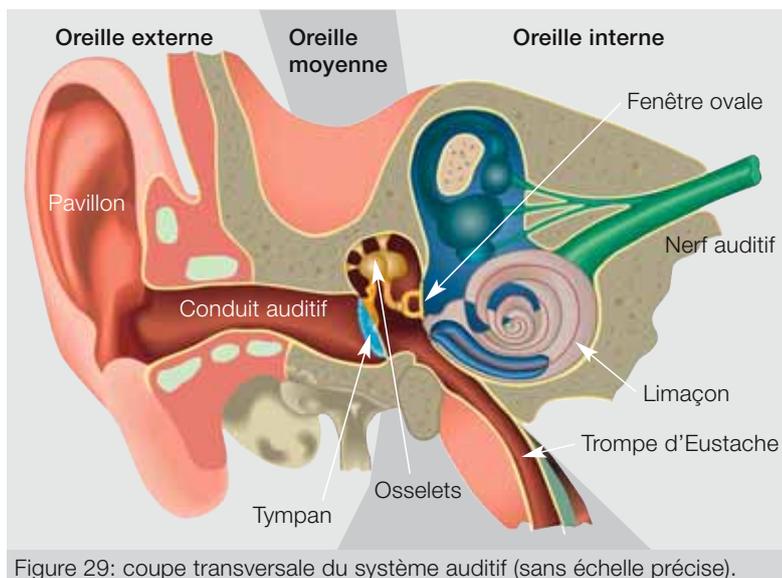


Figure 29: coupe transversale du système auditif (sans échelle précise).

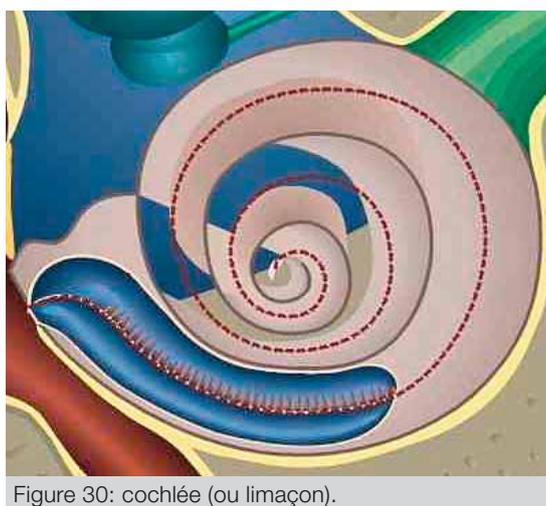


Figure 30: cochlée (ou limaçon).

Ces mouvements sont captés par les quelque 3500 cellules sensorielles munies de minuscules cils sensitifs qui les traduisent en influx nerveux (figure 31). La transmission ultérieure est donc électrique. En plus de ces cellules ciliées internes, la membrane basilaire est couverte d'environ 15 000 cellules ciliées externes. Celles-ci servent à la fois de récepteurs et d'amplificateurs ou de régulateurs: elles optimisent en permanence les réactions de la membrane basilaire au signal sonore à traiter. Ce sont à ces processus actifs que l'oreille doit ses exceptionnelles qualités de résolution dans le domaine spectral et temporel ainsi que son extrême gamme dynamique.

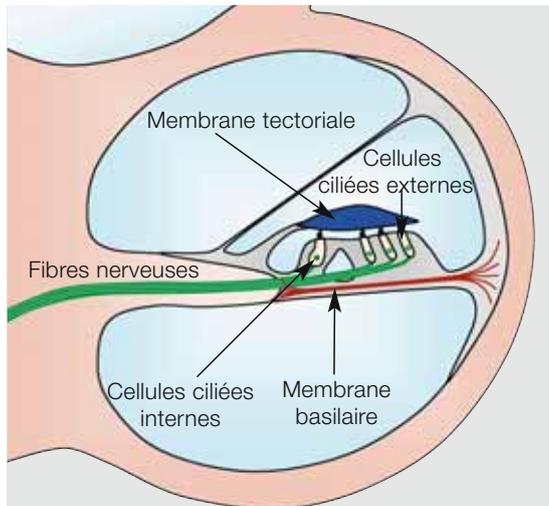


Figure 31: coupe transversale de la cochlée (limaçon).

Les impulsions nerveuses produites sont enfin transmises du nerf auditif au cerveau où elles sont analysées.

L'oreille humaine est extrêmement sensible. Nombre de nos ancêtres n'ont eu d'ailleurs souvent la vie sauve que grâce à la perception à temps de bruits très faibles. Elle est capable de traiter des signaux sonores allant du seuil d'audition au seuil de douleur, soit une gamme de 120 dB. Seuls les microphones de qualité ou les enregistrements sonores à haute résolution comme les DVD possèdent une gamme dynamique semblable. Celle du disque compact (CD de musique) n'atteint que 95 dB.

La transmission du son par l'oreille externe et l'oreille moyenne est d'une efficacité variable selon les fréquences. Les basses et les très hautes fréquences sont très atténuées lorsqu'elles atteignent l'oreille interne. La transmission est en fait optimale entre 1 et 6 kHz (figure 32). Cette gamme de fréquence est donc la plus sensible:

- on peut percevoir un son à 4 kHz même avec une pression acoustique très faible (limite inférieure du seuil d'audition, figure 33);
- les lésions induites par le bruit apparaissent en général d'abord à 4 kHz, car une source sonore dont le spectre est plat (analogue au bruit rose) sollicite l'oreille interne le plus dans cette gamme de fréquence.

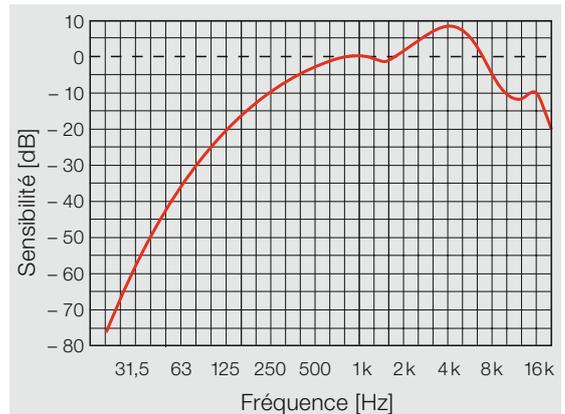


Figure 32: réponse fréquentielle du champ libre à l'oreille interne via l'oreille externe et l'oreille moyenne.

La conduction osseuse, c'est-à-dire le processus de transmission des ondes acoustiques à l'oreille interne par l'intermédiaire du tissu osseux, est normalement 30 à 50 dB inférieure à la transmission aérienne, comme on le remarque facilement lorsqu'on se bouche les deux oreilles. Cela n'est cependant valable que pour une excitation par son aérien. En effet, une excitation par contact solide direct entraîne une situation différente.

3.2 Perception du son

Il convient tout d'abord de déterminer les gammes de fréquences et de pressions acoustiques pouvant être perçues par l'oreille humaine.

La gamme des sons audibles n'est pas limitée strictement, car la perception des fréquences les plus basses et les plus hautes dépend fortement du niveau acoustique du son considéré. Les personnes jeunes avec une acuité auditive normale peuvent en général entendre un son pur de 20 000 Hz (= 20 kHz). Cette limite baisse avec l'âge. Certes, au-dessous de 20 Hz, un son peut être encore perçu à un niveau élevé correspondant (p. ex. à 10 Hz à partir d'environ 100 dB) – voire parfois par tout le corps –, mais il apparaît davantage comme un battement, un grondement ou une vibration en l'absence de toute sensation de hauteur du son.

La figure 33 présente le **seuil d'audition** (rouge) qui indique le niveau sonore le plus faible encore audible pour chaque fréquence. Cette courbe correspond à une valeur moyenne pour des personnes de 20 ans avec une acuité auditive normale. Il ressort de la comparaison avec la figure 32 que l'évolution du seuil d'audition est déterminée essentiellement par la courbe de transmission. La figure 33 montre aussi les courbes isophones, c'est-à-dire de même niveau d'intensité sonore.

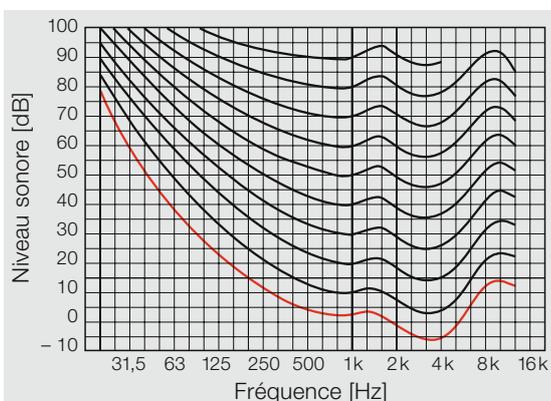


Figure 33: seuil d'audition et lignes isophoniques (de même niveau d'intensité sonore).

Quelle est la différence de niveau nécessaire pour avoir l'impression que **la sonie** a doublé? De vastes études menées avec un grand nombre de personnes et de signaux acoustiques différents ont montré qu'il faut en moyenne une élévation du niveau de 8 à 10 dB.

La **sensation de hauteur du son** se fonde sur la fréquence du signal. Pour les sons purs, il s'agit de la composante en fréquence la plus basse (son fondamental). Chaque doublement ou division par deux de la fréquence est ressenti comme un changement de la hauteur de son d'une octave, quelle que soit la fréquence de départ. Cette échelle logarithmique des fréquences apparaît très logique lorsqu'on observe un clavier de piano: l'écart entre deux touches correspond à un certain intervalle sonore et donc à un rapport de fréquences déterminé.

La **résolution** de l'oreille humaine, qui se fonde sur la décomposition spectrale dans l'oreille interne à l'aide de processus adaptables et surtout sur l'analyse dans le cerveau par comparaison avec des modèles connus, est remarquable. L'oreille humaine est capable de percevoir et d'identifier chaque source sonore (p. ex. différents instruments de musique) d'un signal sonore complexe (p. ex. musique d'un orchestre), tâche qu'un ordinateur ne peut pas encore accomplir sous cette forme.

Des informations complémentaires sur la perception sonore sont disponibles dans la publication Suva «Nuisances sonores aux postes de travail», réf. Suva 66058.f.

3.3 Examen audiométrique

L'acuité auditive est en général vérifiée au moyen d'un audiomètre à son pur (figure 34) et d'un casque à écouteurs. Constitué principalement d'un générateur de signaux, l'audiomètre produit un son au niveau réglable par palier à chaque fréquence recommandée par la CEI. La position «0 dB» correspond, à toutes les fréquences, au seuil d'audition moyen d'une personne jeune avec une acuité auditive normale. Lors de l'examen audiométrique, le niveau du son diminue ou augmente de 5 dB à chaque fois. La personne examinée, placée dans une cabine insonorisée, indique d'un signe de la main ou avec un signal lumineux si elle a entendu le son émis. On détermine pour chaque fréquence et pour chaque oreille quel est le niveau sonore le plus faible pouvant être entendu par cette personne, c'est-à-dire son seuil d'audition.



Figure 34: examen audiométrique (audiométrie à son pur).

On utilise comme référence (ligne zéro) le seuil d'audition moyen d'une personne jeune n'ayant pas de lésions ou de troubles auditifs. Lorsque la personne examinée a besoin d'un niveau sonore plus élevé que le niveau de référence pour percevoir un son, il s'agit d'une perte d'audition. Elle est indiquée graphiquement au-dessous de la ligne de référence. Les lignes reliant les points des deux oreilles forment un audiogramme (figure 35). Plus la courbe est haute, meilleure est l'acuité auditive de la personne examinée.

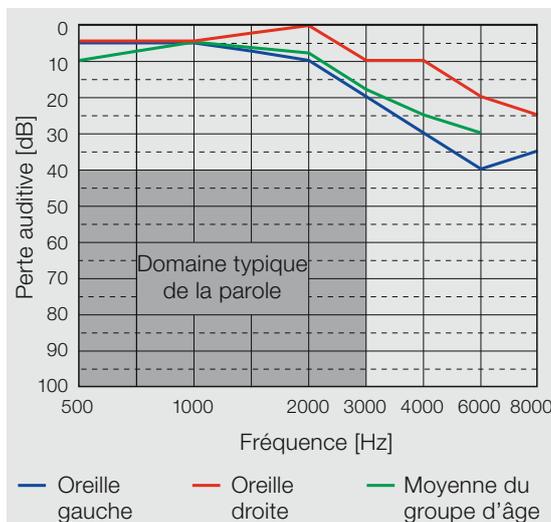


Figure 35: audiogramme.

Le médecin peut déduire de l'allure de l'audiogramme la nature, l'étendue et les causes probables de la perte auditive. Un examen médical approfondi nécessite cependant des tests complémentaires tels que les tests au diapason, les tests de compréhension de la parole à différents niveaux sonores ou le mesurage de la conduction osseuse. On recourt aussi à de nouvelles méthodes permettant de mesurer les processus adaptatifs de l'oreille humaine selon les signaux acoustiques (émissions otoacoustiques) ou les courants cérébraux. Ces méthodes ont l'avantage de ne pas faire dépendre le résultat de la réponse de la personne examinée.

3.4 Influence de l'âge sur l'acuité auditive

On sait par expérience que l'on entend moins bien avec l'âge. La ligne zéro de l'audiogramme ne peut donc servir de référence qu'aux personnes jeunes. Pour les personnes plus âgées, il faut s'attendre à une diminution de l'acuité auditive avec l'âge.

La diminution de l'acuité auditive liée à l'âge se manifeste tout d'abord et le plus intensément dans les fréquences les plus élevées. Les hommes sont en général touchés plus tôt que les femmes. Ce processus de vieillissement se produit avant tout dans l'oreille interne. Un moins bon fonctionnement (raideur) du mécanisme de l'oreille moyenne peut entraîner aussi une baisse de l'acuité auditive dans les basses fréquences.

La figure 36 présente la diminution moyenne de l'acuité auditive chez l'homme et la femme entre 40 et 60 ans. Selon les personnes, même sans l'effet du bruit, les valeurs mesurées peuvent varier de façon importante par rapport à ces valeurs standard, comme l'indique la courbe de fractiles de 10 % pour les hommes âgés de 60 ans.

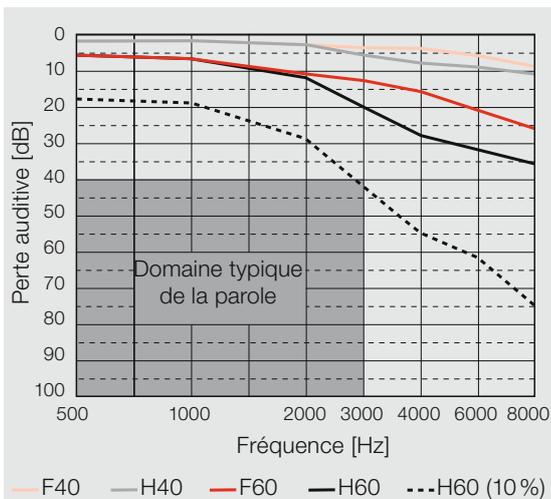


Figure 36: courbes de pertes auditives moyennes dues à l'âge chez la femme (F) et l'homme (H) entre 40 et 60 ans et courbe de fractiles de 10 % pour les hommes âgés de 60 ans selon la norme ISO 7029.

Jusqu'à 60–70 ans, la perte normale de l'acuité auditive due à l'âge ne gêne pas beaucoup la compréhension verbale. Cependant, si une personne de cet âge entend moins bien à la suite d'une exposition au bruit, elle peut rencontrer des difficultés à suivre une conversation.

3.5 Lésions auditives induites par le bruit

Des expositions prolongées à des niveaux sonores élevés peuvent entraîner des **pertes irréversibles de l'acuité auditive**. La surdité induite par le bruit demeure une des maladies professionnelles les plus répandues.

Les lésions auditives touchent l'oreille interne: quand le métabolisme de l'**oreille interne**, lors d'une exposition longue à des niveaux sonores élevés, n'est plus capable de fournir l'énergie nécessaire aux cellules ciliées, ces dernières meurent. Aucun médicament, aucune opération ne permettent de les sauver ou de les régénérer.

Une surdité induite par le bruit se développe en général comme suit: après une exposition à un niveau sonore important, l'oreille perçoit moins bien les sons (déplacement temporaire du seuil d'audition¹⁾). La personne concernée a l'impression que ses oreilles sont bouchées. Cette hypoacousie peut être attestée par des mesures audiométriques. L'oreille recouvre son acuité auditive initiale progressivement plusieurs heures ou jours après selon les cas.

Répétitives, ces surexpositions sonores conduisent à une augmentation du déficit de métabolisme et à la disparition de cellules ciliées (voir figure 37). Lorsqu'elles durent, de plus en plus de cellules ciliées meurent, ce qui entraîne une perte auditive irréversible²⁾.

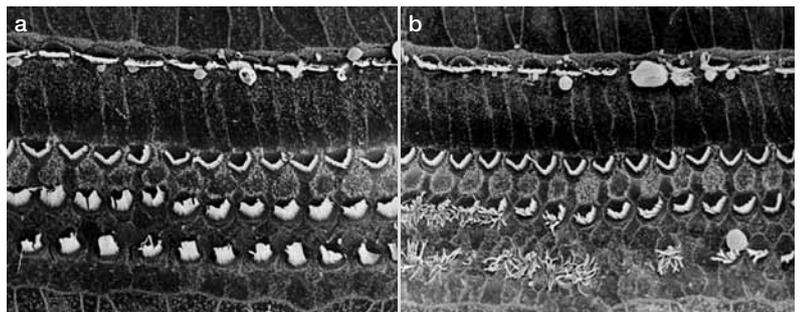


Figure 37: a: cellules ciliées internes (en haut, un rang) et externes (en bas, trois rangs). b: des surexpositions sonores ont entraîné chez l'animal des dommages importants et parfois une disparition partielle des cellules ciliées.

Ce sont d'abord les cellules ciliées externes qui disparaissent. Cela a pour conséquence une dégradation de la résolution de l'oreille sur le plan temporel et spectral. Cette perte fonctionnelle ne peut être compensée que partiellement par une amplification du signal acoustique (p. ex. au moyen d'une prothèse auditive).

Ces pertes auditives induites par le bruit sont donc particulièrement insidieuses, car elles s'accompagnent d'aucune douleur et n'apparaissent qu'à partir des fréquences élevées vers 4 kHz. La personne concernée ne perçoit pas encore ou sous-estime la perte d'acuité auditive bien qu'elle rencontre déjà des difficultés à entendre correctement les

¹⁾ T.T.S. = temporary threshold shift (déplacement temporaire du seuil d'audition).

²⁾ P.T.S. = permanent threshold shift (déplacement permanent du seuil d'audition).

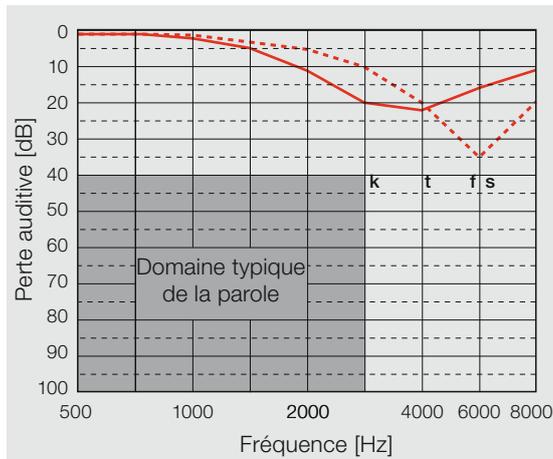


Figure 38: lésion typique due à un bruit continu (—) ou impulsif (---) avec indication des consonnes concernées.

consonnes sifflantes, la sonnette d'une bicyclette ou le tic-tac d'une montre. Les pertes auditives dues aux bruits impulsifs apparaissent souvent plutôt à 6 kHz qu'à 4 kHz.

La perte auditive induite par le bruit apparaît au cours des premières années d'exposition au bruit, tandis que la diminution due à l'âge ne se produit que plus tard (voir figure 39).



Figure 39: évolution de la perte auditive à 4 kHz due au bruit et à l'âge chez les hommes exposés à un niveau sonore de 95 dB(A) (d'après ISO 1999-1990).

Lorsque l'exposition à des niveaux sonores élevés se prolonge, la perte auditive s'aggrave et la compréhension verbale se détériore irrémédiablement. La personne concernée a de la peine à suivre une conversation en particu-

lier dans un local mal insonorisé ou avec un bruit de fond élevé. La perte auditive consécutive au vieillissement amplifie encore ces difficultés. A la fin, cette personne finit même par ne plus vraiment pouvoir saisir tous les mots d'une conversation prononcés dans un environnement calme à son intention.

Un homme malentendant a ainsi expliqué que chez lui, il doit toujours augmenter le volume de la radio et de la télévision pour pouvoir tout comprendre, ce qui gêne sa femme, car elle trouve le son trop fort. Quant aux conversations au restaurant, il a de la peine à suivre une conversation, notamment s'il y a du bruit environnant. Il lui est déjà arrivé de répondre complètement à côté, ayant mal compris la question posée. Il se demande si c'est pour cette raison que les autres ne le considèrent plus comme tout à fait «normal».

La figure 40 présente un audiogramme type d'une perte importante d'acuité auditive induite par le bruit et d'une diminution de l'acuité auditive due à l'âge un peu supérieure à la moyenne (hommes de 60 ans, fractile 25 %). Les démonstrations du CD AUDIO DEMO 3 de la Suva (réf. 99051.f) permettent de se rendre compte des effets d'une surdité d'environ 33 % (pourcentage à partir duquel une perte auditive peut être reconnue maladie professionnelle, indice CPT selon chapitre 3.6).

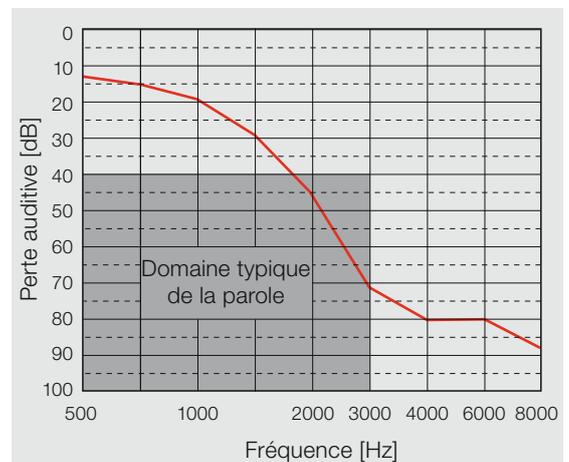


Figure 40: audiogramme avec perte d'acuité auditive due à l'âge et au bruit.

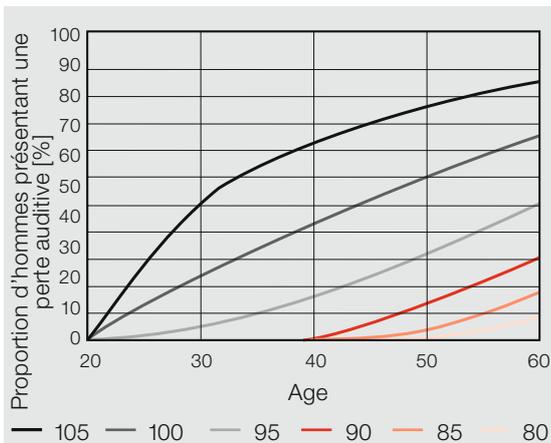


Figure 41: proportion d'hommes présentant une perte auditive de plus de 40 dB à 3 kHz, en fonction du niveau sonore et de la durée de l'exposition (travail bruyant à partir de 20 ans).

La figure 41 montre le pourcentage d'hommes exposés au bruit développant une perte auditive dans le domaine typique de la parole selon le niveau sonore et la durée de l'exposition (perte d'acuité auditive à 3 kHz au-dessus de 40 dB; sur la base de la norme ISO 1999–1990, d'après Liedtke BGIA).

Après une exposition à un niveau sonore trop important, des acouphènes sous la forme de bruissements, de sifflements ou de bourdonnements peuvent apparaître. Dans certains cas, la médecine est impuissante à les faire disparaître. Pour les personnes souffrant d'acouphènes, ces bruits permanents se manifestent en général dans un environnement silencieux, par exemple lors de périodes de repos ou de sommeil, et peuvent gêner autant qu'une perte auditive.

Le risque d'une perte d'acuité auditive induite par le bruit existe non seulement au travail, mais aussi durant les loisirs et le service militaire. L'énergie acoustique totale est déterminante en la matière. L'exposition au bruit cumulée pendant le travail et les loisirs peut donc être lourde de conséquences, car l'ouïe n'a pas le temps de se régénérer. Le risque de développer une lésion auditive ne dépend pas de l'impression que l'on a du niveau sonore. Ecouter ou jouer de la musique à un

certain niveau sonore et pendant un certain temps peut amoindrir autant l'acuité auditive que de travailler dans le bruit¹⁾.

Lors d'événements sonores impulsifs très forts, une sursollicitation mécanique de la membrane basilaire et des cellules ciliées s'ajoute à la sursollicitation du métabolisme de l'oreille interne. En l'absence de protecteurs d'ouïe, une détonation d'un fusil d'assaut, par exemple, suffit à entraîner une perte auditive permanente pour le tireur. En revanche, un risque n'existe pour le tympan qu'à partir d'un niveau de pression acoustique de crête supérieur à 180 dB²⁾, notamment lors d'explosions ou lorsqu'on reçoit une gifle.

Selon les connaissances actuelles, un risque aigu pour l'oreille interne dépend plus de l'énergie acoustique à gérer – dont l'indicateur le plus approprié s'avère être le niveau d'exposition acoustique L_E en dB(A) – que du niveau de crête de cet événement.

Il est très probable qu'une exposition simultanée à un bruit continu dépassant 85 dB(A) augmente la sensibilité de l'ouïe aux détonations. La procédure à suivre après un incident ou accident dangereux pour l'ouïe est expliquée au point 9.1.2.

Toutes les surdités ne sont pas imputables au bruit. Certaines sont dues à un mauvais fonctionnement (raideur) du mécanisme de l'oreille moyenne (otospongiose), au processus dégénératif de l'oreille interne, au vieillissement prématuré ou marqué de l'ouïe, à une prédisposition héréditaire, à des infections, à la prise de certains médicaments ou à des traumatismes crâniens.

¹⁾ La publication Suva «Musique et troubles de l'ouïe», réf. 84001.f informe comment éviter les lésions auditives induites par la musique.

²⁾ Sans pondération en fréquence (linéaire).

3.6 Evaluation de la faculté auditive

Pour évaluer la faculté auditive d'une personne, le médecin se fonde notamment sur l'audiogramme à son pur.

Quand le seuil d'audition diverge peu du seuil d'audition normal, on ne doit pas conclure d'emblée à une perte voire à une lésion auditives. Il faut toujours comparer les courbes d'audibilité obtenues avec la perte auditive moyenne selon l'âge et le sexe (figure 36).

L'audiogramme (figure 35) permet aussi d'évaluer sommairement la faculté de communication verbale. Ainsi, lorsque les courbes d'audibilité se trouvent hors de la zone hachurée (domaine typique de la parole), aucune difficulté importante n'est à attendre. En revanche, plus ces courbes sont présentes dans le domaine typique de la parole, plus la personne examinée aura de la peine à suivre une conversation.

Il est nécessaire d'étudier l'importance de chaque fréquence dans la compréhension pour obtenir une évaluation exacte de la faculté de communication verbale. C'est pourquoi le calcul selon CPT-AMA1 (voir «Bewertung des Hörverlusts», réf. 86072.d, uniquement en allemand) pondère les valeurs de perte auditive pour les quatre fréquences de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz et 4 kHz comme suit: 0,15 : 0,30 : 0,40 : 0,15. Le calcul est d'abord effectué séparément pour chaque oreille. L'oreille la plus performante étant plus sollicitée dans la compréhension verbale que l'autre oreille, la Suva calcule la perte auditive binaurale CPT (c'est-à-dire pour les deux oreilles) avec une pondération de 3 : 1 en faveur de la meilleure oreille. L'échelle de l'indice CPT va de 0 % (aucune lésion auditive) à 100 % (surdité totale).

¹⁾ CPT-AMA: Council on Physical Therapy? American Medical Association.

²⁾ En cas de lésion unilatérale, d'autres critères sont utilisés.

Pour l'évaluation, on utilise les valeurs de référence suivantes²⁾:

- indice de perte auditive CPT jusqu'à environ 15 %: acuité auditive quasi normale;
- indice de perte auditive CPT entre environ 15–35 %: lésion existante;
- indice de perte auditive CPT supérieur à 35 %: lésion auditive importante.

L'indice de perte auditive CPT sert essentiellement à évaluer la perte de faculté auditive en matière de justification de prestations d'assurance. Pour le dépistage précoce de lésions auditives (tri) et le contrôle de l'efficacité de mesures de prévention, on recourt aussi à d'autres indicateurs qui donnent un rôle plus important dans l'audiogramme aux fréquences élevées et tiennent compte des évolutions constatées d'un examen à l'autre.

3.7 Autres effets du bruit

Les effets du bruit sur l'homme ne se limitent pas à des lésions auditives. Certains de ces effets apparaissent à des niveaux sonores assez faibles.

3.7.1 Compréhension verbale et perception des signaux

Un niveau sonore élevé peut nuire voire rendre impossible toute compréhension verbale (conversations, consignes, avertissements), comme le montre la figure 42.

Un niveau sonore élevé peut avoir les conséquences négatives suivantes:

- lorsque les bruits parasites d'une machine sont masqués par d'autres bruits, ils ne sont plus audibles par l'opérateur;
- les bruits avertissant d'un danger (par exemple bruit de véhicule) ne sont pas perçus à temps;
- il faut utiliser des systèmes d'alerte spécifiques pour que les signaux acoustiques d'alerte soient perçus même dans un milieu bruyant.

3.7.2 Gêne induite par le bruit

La réaction au bruit diffère fortement selon les individus. Elle dépend davantage de la nature du bruit que du niveau sonore. Les caractéristiques physiques d'un bruit (durée, fréquence, évolution dans le temps, composition spectrale, caractère impulsif, etc.) ne permettent pas d'évaluer correctement la gêne induite par le bruit. L'impression de gêne varie aussi selon le type d'activité menée (p. ex. tâches de routine ou tâches intellectuelles), l'attitude de l'individu face au bruit et à sa source ainsi que les prédispositions biologiques et psychologiques de la personne concernée.

La gêne (voir figure 43) dépend à la fois de la bruyance et de la sensibilité au bruit. La bruyance est une notion objective dépendant uniquement des caractéristiques du signal sonore. Elle ne varie pas en fonction de la perception individuelle, contrairement à la sensibilité au bruit, qui est subjective et liée à la situation et aux caractéristiques de la personne concernée.

En général, un bruit peut être perçu comme gênant dès 20 dB(A). Avec des sons faibles, la gêne provient principalement de l'événement désagréable auquel on le lie (charge affective du bruit). Pour les sons forts, elle est plutôt imputable à l'intensité sonore.

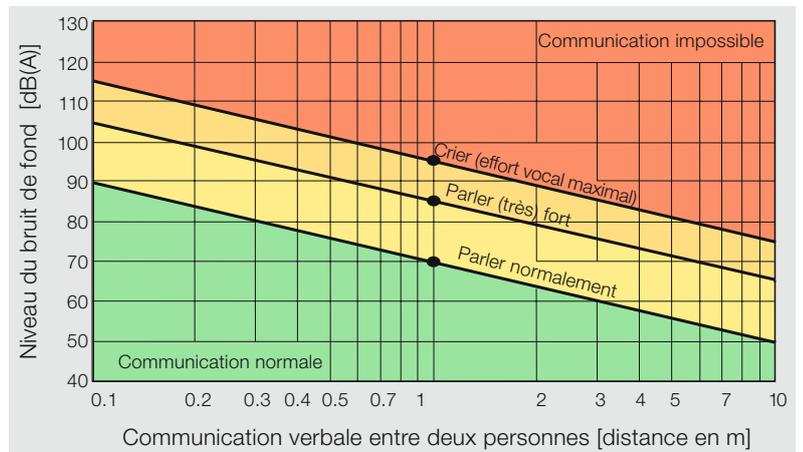


Figure 42: compréhension verbale dans un bruit ambiant. Exemple: dans un bruit ambiant de 100 dB(A), deux personnes distantes l'une de l'autre de plus de 1,5 m ne se comprennent plus, car la personne parlant n'est plus capable d'élever assez la voix pour couvrir le bruit ambiant.

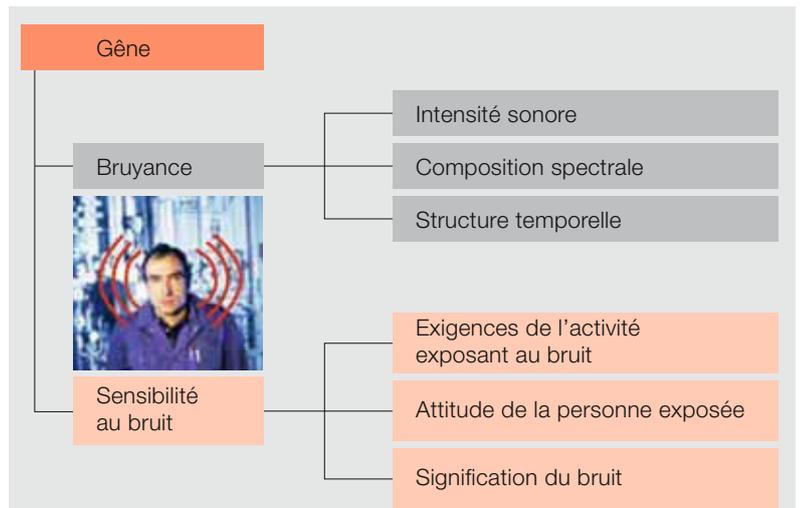


Figure 43: gêne induite par le bruit et effets du bruit.

3.7.3 Effets extra-auditifs

Le bruit peut avoir aussi des effets sur l'ensemble de l'organisme. Ces effets extra-auditifs touchent le bien-être physique, en particulier le système nerveux central (troubles du sommeil, etc.), le psychisme (rendement, concentration, irritabilité, agressivité, etc.) ainsi que le système nerveux végétatif (pression artérielle, circulation sanguine, rythme cardiaque, troubles de la digestion, métabolisme, stress, etc.). Tous ces effets sont des symptômes de la diffusion des réactions d'alerte dans l'organisme, qui sont déclenchées et gérées par une augmentation de l'état d'excitation du système nerveux végétatif. Ils apparaissent avec un niveau sonore continu inférieur à 85 dB(A). Le diagnostic proprement dit des atteintes à la santé d'ordre végétatif n'est pas toujours aisé. Ce fait ne doit cependant pas faire renoncer à la prise de mesures de prévention des atteintes à la santé.

Le bruit agit négativement sur le rendement lorsqu'il s'agit en particulier de tâches complexes, demandant de l'adresse et/ou le traitement d'informations. Il peut aussi ralentir le processus d'apprentissage de certains savoir-faire. Des études ont montré que des niveaux sonores élevés, des bruits inattendus ou discontinus et en particulier des bribes de conversation peuvent nuire aux capacités intellectuelles.

Des informations complémentaires sont disponibles dans la brochure Suva 66058.f «Nuisances sonores aux postes de travail».

4 Bases légales et valeurs limites

4.1 Récapitulatif

Les personnes vivant en Suisse devraient être protégées du bruit au cours de leurs activités professionnelles et extra-professionnelles. Les bases légales en la matière comprennent différentes lois, ordonnances, directives et normes. Les responsabilités et les compétences des organes d'exécution ainsi que les valeurs limites à respecter y sont définies. Le tableau 7 récapitule les principales bases légales en vigueur en Suisse en matière de lutte contre le bruit. La figure 44 indique les textes législatifs à consulter selon le type de bruit.

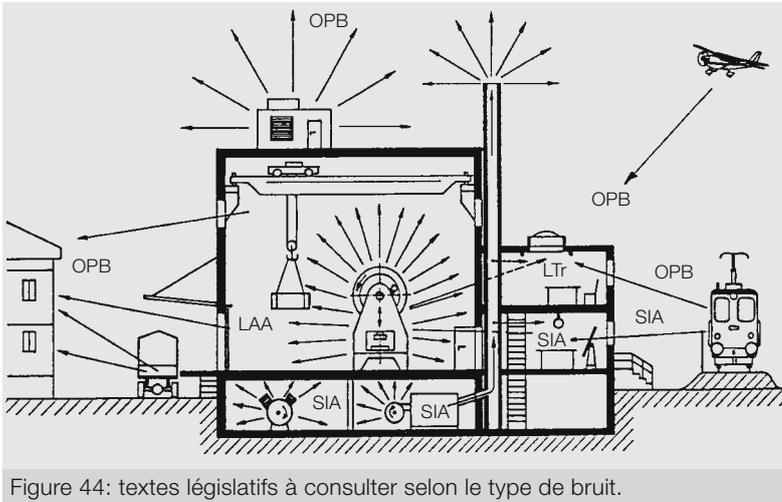
X	Valeurs limites disponibles
(X)	Valeurs limites partiellement disponibles
CE	Directive de l'Union européenne
CFST	Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail Directive 6508 relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail
DM	Directive machine de l'Union européenne
EN	Norme européenne
ICT	Inspection cantonale du travail
ISO	Organisation internationale de normalisation
LAA	Loi fédérale sur l'assurance-accidents
LPE	Loi fédérale sur la protection de l'environnement
LPGA	Loi fédérale sur la partie générale du droit des assurances sociales

LSIT	Loi fédérale sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques
LTr	Loi fédérale sur le travail dans l'industrie, l'artisanat et le commerce (Loi sur le travail)
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OLAA	Ordonnance sur l'assurance-accidents
OLT 3	Ordonnance 3 relative à la loi sur le travail (hygiène)
OLT 4	Ordonnance 4 relative à la loi sur le travail (entreprises industrielles, approbation des plans et autorisation d'exploiter)
OPA	Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles
OPB	Ordonnance sur la protection contre le bruit
OPM	Ordonnance sur la protection de la maternité
OSIT	Ordonnance sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques
SECO	Secrétariat d'Etat à l'économie
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
OSLa	Ordonnance sur la protection contre les nuisances sonores et les rayons laser lors de manifestations (ordonnance son et laser)
SN	Norme suisse

Les versions actuelles de ces textes législatifs sont disponibles sur Internet (voir adresse dans l'annexe 1).

Législation	LAA	LTr	LSIT	LPE
Champ d'application	Postes de travail	Commerce d'appareils	Environnement	
	Risque pour l'ouïe	Exposition au bruit		
Ordonnances	OLAA, OPA	OLT 3, OLT 4, OPM	OSIT	OPB, OSLa
Directives, règles	CFST	Commentaire OLT 3	DM	
Valeurs limites, indicatives	X	X	(X)	X
Normes	SN, EN, ISO	SN, EN, ISO	SN, EN, ISO	SIA 181
Organes d'exécution	Suva	SECO, ICT	(Suva)	Cantons

Tableau 7: bases légales relatives à la lutte contre le bruit en Suisse (pour les abréviations, voir ci-dessus).



L'annexe 1 de l'OLAA mentionne les maladies dues à l'exercice d'une activité professionnelle au sens de l'article 9 de la LAA. Elle contient une liste des substances nocives ainsi que des affections dues à certains travaux (extrait au tableau 8):

Atteintes à la santé	Travaux
Lésions auditives importantes	Travaux bruyants
Atteintes à la santé dues aux ultrasons et infrasons	Tous les travaux

Tableau 8: extrait de la liste des maladies dues à l'exercice d'une activité professionnelle.

4.2 Prévention des accidents et des maladies professionnelles

Les dispositions de base relatives à la sécurité au travail et à la protection de la santé figurent dans les textes législatifs suivants:

- la loi fédérale sur l'assurance-accidents (LAA);
- l'ordonnance sur l'assurance-accidents (OLAA);
- l'ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (OPA).

La LAA définit les accidents professionnels (article 7) et non professionnels (article 8) ainsi que les maladies professionnelles (article 9).

Article 9: Maladies professionnelles

¹ Sont réputées maladies professionnelles les maladies (art. 3 LPGa) dues exclusivement ou de manière prépondérante, dans l'exercice de l'activité professionnelle, à des substances nocives ou à certains travaux. Le Conseil fédéral établit la liste de ces substances ainsi que celle de ces travaux et des affections qu'ils provoquent.

² Sont aussi réputées maladies professionnelles les autres maladies dont il est prouvé qu'elles ont été causées exclusivement ou de manière nettement prépondérante par l'exercice de l'activité professionnelle.

³ Sauf disposition contraire, la maladie professionnelle est assimilée à un accident professionnel dès le jour où elle s'est déclarée. Une maladie professionnelle est réputée déclarée dès que la personne atteinte doit se soumettre pour la première fois à un traitement médical ou est incapable de travailler (art. 6 LPGa).

En conséquence, les lésions auditives importantes dues au bruit au travail sont reconnues maladies professionnelles.

Le point 3.6 de la présente brochure explique comment on évalue une lésion auditive et le bruit dangereux pour l'ouïe.

Les règles générales relatives à la prévention des accidents et des maladies professionnelles figurent dans l'article 82 de la LAA. Elles s'appliquent aussi à la prévention des lésions auditives dues au bruit aux postes de travail:

Article 82: Règles générales

¹ L'employeur est tenu de prendre, pour prévenir les accidents et maladies professionnelles, toutes les mesures dont l'expérience a démontré la nécessité, que l'état de la technique permet d'appliquer et qui sont adaptées aux conditions données.

² L'employeur doit faire collaborer les travailleurs aux mesures de prévention des accidents et maladies professionnelles.

³ Les travailleurs sont tenus de seconder l'employeur dans l'application des prescriptions sur la prévention des accidents et maladies professionnelles. Ils doivent en particulier utiliser les équipements individuels de protection et employer correctement les dispositifs de sécurité et s'abstenir de les enlever ou de les modifier sans autorisation de l'employeur.

L'OPA contient aussi des dispositions concrètes concernant la prévention des lésions auditives:

Article 5: Equipements de protection individuelle

Si les risques d'accidents ou d'atteintes à la santé ne peuvent pas être éliminés par des mesures d'ordre technique ou organisationnel, ou ne peuvent l'être que partiellement, l'employeur mettra à la disposition des travailleurs des équipements de protection individuelle (EPI) tels que casques de protection, protège-cheveux, lunettes et écrans de protection, protecteurs d'ouïe, appareils de protection des voies respiratoires, chaussures, gants et vêtements de protection, dispositifs de protection contre les chutes et la noyade, produits de protection de la peau et, au besoin, sous-vêtements spéciaux, dont l'utilisation peut être raisonnablement exigée. L'employeur doit veiller à ce que ces équipements soient toujours en parfait état et prêts à être utilisés.

Article 6: Information et instruction des travailleurs

¹ L'employeur veille à ce que tous les travailleurs occupés dans son entreprise, y compris ceux provenant d'une entreprise tierce, soient informés des risques auxquels ils sont exposés dans l'exercice de leur activité et instruits des mesures à prendre pour les prévenir. Cette information et cette instruction doivent être dispensées lors de l'entrée en service ainsi qu'à chaque modification importante des conditions de travail; elles doivent être répétées si nécessaire.

² Les travailleurs doivent être renseignés sur les tâches et les fonctions des spécialistes de la sécurité au travail occupés dans l'entreprise.

³ L'employeur veille à ce que les travailleurs observent les mesures relatives à la sécurité au travail.

⁴ L'information et l'instruction doivent se dérouler pendant les heures de travail et ne peuvent être mises à la charge des travailleurs.

Article 6a: Droit d'être consulté

¹ Les travailleurs ou leurs représentants dans l'entreprise ont le droit d'être consultés sur toutes les questions relatives à la sécurité au travail.

² Le droit d'être consulté comprend le droit d'être entendu suffisamment tôt et de manière complète sur ces questions ainsi que celui de faire des propositions avant que l'employeur ne prenne une décision. L'employeur doit motiver sa décision lorsque les objections soulevées par les travailleurs ou leurs représentants dans l'entreprise n'ont pas été prises en considération, ou qu'elles ne l'ont été que partiellement.

Article 7: Tâches confiées aux travailleurs

¹ Lorsque l'employeur confie à un travailleur certaines tâches relatives à la sécurité au travail, il doit le former de manière appropriée, parfaire sa formation et lui donner des compétences précises et des instructions claires. Le temps nécessaire à la formation et au perfectionnement est en principe considéré comme temps de travail.

² Le fait de confier de telles tâches à un travailleur ne libère pas l'employeur de ses obligations en matière de sécurité au travail.

Article 8: Travaux comportant des dangers particuliers

¹ L'employeur ne peut confier des travaux comportant des dangers particuliers qu'à des travailleurs ayant été formés spécialement à cet effet. L'employeur fera surveiller tout travailleur qui exécute seul un travail dangereux.

² Lorsque des travaux comportant des dangers particuliers sont exécutés, l'effectif des travailleurs occupés à ces travaux ainsi que le nombre ou la quantité des installations, équipements de travail et matières qui présentent des dangers doivent être limités au nécessaire.

Article 9: Coopération de plusieurs entreprises

¹ Lorsque des travailleurs de plusieurs entreprises sont occupés sur un même lieu de travail, leurs employeurs doivent convenir des arrangements propres à assurer le respect des prescriptions sur la sécurité au travail et ordonner les mesures nécessaires. Les employeurs sont tenus de s'informer réciproquement et d'informer leurs travailleurs respectifs des risques et des mesures prises pour les prévenir.

² L'employeur doit expressément attirer l'attention d'un tiers sur les exigences de la sécurité au travail au sein de l'entreprise lorsqu'il lui donne mandat, pour son entreprise:

- a. de concevoir, de construire, de modifier ou d'entretenir des équipements de travail ainsi que des bâtiments et autres constructions;
- b. de livrer des équipements de travail ou des matières dangereuses pour la santé;
- c. de planifier ou de concevoir des procédés de travail.

Article 10: Travail temporaire

L'employeur qui occupe dans son entreprise de la main-d'œuvre dont il loue les services à un autre employeur, a envers elle les mêmes obligations en matière de sécurité au travail qu'à l'égard de ses propres travailleurs.

Article 11

- ¹ Le travailleur est tenu de suivre les directives de l'employeur en matière de sécurité au travail et d'observer les règles de sécurité généralement reconnues. Il doit en particulier utiliser les EPI et s'abstenir de porter atteinte à l'efficacité des installations de protection.
- ² Lorsqu'un travailleur constate des défauts qui compromettent la sécurité au travail, il doit immédiatement les éliminer. S'il n'est pas en mesure de le faire ou s'il n'y est pas autorisé, il doit aviser l'employeur sans délai.
- ³ Le travailleur ne doit pas se mettre dans un état tel qu'il expose sa personne ou celle d'autres travailleurs à un danger. Cela vaut en particulier pour la consommation d'alcool ou d'autres produits enivrants.

Article 11a: Obligation de l'employeur

- ¹ L'employeur doit, conformément à l'al. 2, faire appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail (spécialistes de la sécurité au travail) lorsque la protection de la santé des travailleurs et leur sécurité l'exigent.
- ² L'obligation de faire appel à des spécialistes de la sécurité au travail dépend notamment:
 - a. du risque d'accidents et maladies professionnels, tel qu'il résulte des données statistiques disponibles et des analyses des risques;
 - b. du nombre de personnes occupées; et
 - c. des connaissances spécifiques nécessaires pour garantir la sécurité au travail dans l'entreprise.
- ³ Faire appel à des spécialistes de la sécurité au travail ne décharge pas l'employeur de sa responsabilité en matière de sécurité au travail.

Article 11b: Directives sur l'obligation de faire appel à des spécialistes de la sécurité au travail

- ¹ La commission de coordination prévue à l'art. 85, al. 2, de la loi (commission de coordination) édicte des directives au sujet de l'art. 11a, al. 1 et 2.2
- ² Si l'employeur se conforme aux directives, il est présumé avoir satisfait à l'obligation de faire appel à des spécialistes de la sécurité au travail.
- ³ L'employeur peut satisfaire à l'obligation de faire appel à des spécialistes de la sécurité au travail d'une autre manière que celle qui est prévue par les directives s'il prouve que la protection de la santé des travailleurs et que leur sécurité sont garanties.

Remarque: la directive relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail (directive CFST 6508, édition: janvier 2007) concrétise l'alinéa 1 de l'article 11b, voir point 4.3.

Article 34: Bruit et vibrations

- ¹ Les bâtiments et parties de bâtiment doivent être aménagés de manière que le bruit ou les vibrations ne portent pas atteinte à la santé ou à la sécurité.
- ² Les équipements de travail doivent être conçus de telle façon que le bruit ou les vibrations ne portent pas atteinte à la santé ou à la sécurité.
- ³ Les procédés de travail et de production doivent être conçus et appliqués de telle sorte que le bruit ou les vibrations ne portent pas atteinte à la santé ou à la sécurité.

En vertu des articles 84 et 85 de la LAA, la Suva est autorisée à exiger des employeurs la prise de mesures particulières pour la prévention des accidents et des maladies professionnelles.

Les articles 70 à 82 de l'OPA traitent de la prévention dans la cadre de la médecine du travail (notamment les contrôles auditifs).

L'article 50 de l'OPA donne compétence à la Suva en matière d'exécution des prescriptions relatives à la prévention des maladies professionnelles et par conséquent aussi pour la prévention des lésions auditives, même dans les entreprises non assurées par la Suva.

4.3 Directive CFST 6508 relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail

Cette directive régit l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail dans les entreprises selon les articles 11a à 11g de l'OPA.

4.3.1 Dangers particuliers

La directive définit les dangers particuliers comme «les dangers dont le dépistage et l'évaluation nécessitent des connaissances spécifiques ou des moyens d'analyse spécifiques». Sont notamment considérés comme étant des dangers particuliers les effets physiques particuliers tels que les fortes vibrations et le bruit dangereux pour l'ouïe.

4.3.2 Détermination des dangers

La détermination des dangers est effectuée par l'entreprise sur la base des connaissances de la branche et des connaissances de base en matière de sécurité au travail et de protection de la santé. Les tableaux Suva des niveaux sonores selon les branches (voir point 6.5) constituent un outil très utile pour apprécier les niveaux sonores, même si ces tableaux ne traitent pas de toutes les situations sonores (cas particuliers, par exemple machines ou installations spéciales). Si une entreprise souhaite une évaluation précise du niveau sonore, elle peut demander à la Suva de lui prêter un sonomètre ou faire appel à un spécialiste de la sécurité au travail pour effectuer des mesures du niveau sonore. Ce spécialiste doit posséder les connaissances requises pour conseiller judicieusement l'entreprise.

4.3.3 Analyse du risque

La directive CFST 6508 considère l'analyse du risque comme un outil clé de la documentation demandée par l'OPA pour prouver le travail de l'entreprise en faveur de la protection de la santé du personnel et de la sécurité au travail. L'analyse du risque doit renseigner sur la probabilité d'occurrence d'accidents et de maladies professionnels pour le personnel pris individuellement (risque individuel) et collectivement (risque collectif).

On peut renoncer à une analyse des risques pour les lésions auditives dues à l'exercice d'une activité professionnelle étant donné qu'il existe d'ores et déjà des règles pour l'appréciation du niveau d'exposition (voir point 6) ainsi que des valeurs limites pour leur évaluation (voir point 4.7) et les mesures à prendre.

Les personnes concernées doivent être informées des risques existants et être formées à la prévention. Cette formation doit être consignée et indiquer le nom des formateurs et des personnes formées, la date et les thèmes de la formation. Il faut que le personnel ait à disposition les protecteurs d'ouïe appropriés. Le port systématique et correct de ces protec-

teurs est à contrôler régulièrement. Les personnes exposées au bruit doivent être inscrites au programme Suva de prévention des lésions auditives. En outre, il est nécessaire d'élaborer un plan de mesures de réduction du bruit pour les travailleurs concernés.

4.3.4 Participation du personnel

Les travailleurs ou leurs représentants dans l'entreprise doivent être consultés largement et le plus tôt possible pour toutes les questions de la sécurité au travail (article 6a de la LAA, cf. point 4.2).

4.4 Prévention et approbation des plans

La loi fédérale sur le travail dans l'industrie, l'artisanat et le commerce (loi sur le travail) oblige les employeurs à protéger les travailleurs contre les influences dangereuses pour la santé (article 6). En complément à la LAA, la loi sur le travail traite du bruit non dangereux pour l'ouïe aux postes de travail (art. 22, OLT 3). Ce type de bruit ainsi que les valeurs de référence liées aux activités et aux locaux spécifiques sont détaillés dans les commentaires de l'OLT 3.

L'ordonnance 4 (OLT 4) régleme les procédures d'approbation des plans et d'autorisation d'exploitation. Ces procédures fixent les normes de construction industrielle générales à respecter, de la hauteur des locaux aux chemins de fuite en passant par l'éclairage et le climat des locaux. L'objectif est de tenir compte de la lutte contre le bruit dès la planification. Les mesures de lutte contre le bruit dans un futur bâtiment se fondent principalement sur les améliorations au niveau de la conception du bâtiment (p. ex. séparation physique des zones de travail bruyantes et calmes ou installation d'éléments antibruit tels que plafonds acoustiques). Dans le commentaire figurent aussi des exigences minimales pour l'acoustique des salles en planification (coefficient d'absorption α_s) et des salles en état d'exploitation (Temps de réverbération T en fonction du volume de la salle).

En matière de protection des travailleurs, il faut également mentionner la protection des femmes enceintes. Les entreprises avec des tâches dangereuses ou pénibles doivent procéder à une évaluation approfondie du niveau sonore avant de faire travailler une femme enceinte dans la partie de l'entreprise concernée. L'article 62 de l'OLT 1 et l'ordonnance sur la protection de la maternité qualifient de dangereuses ou pénibles les tâches effectuées dans le bruit. La limite autorisée est de $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) par jour. Il faut évaluer séparément les expositions aux infrasons et aux ultrasons.

La loi sur le travail prescrit la fréquence des visites médicales pour les personnes travaillant de nuit et par roulement à des postes de travail bruyants. Le bruit dangereux pour l'ouïe aux postes de travail fait partie des risques particuliers. Les travailleurs concernés ne peuvent travailler de nuit que si une visite médicale et un entretien ont démontré leur aptitude à exécuter les tâches prévues. Par ailleurs, les travailleurs ont droit à être conseillés et examinés régulièrement.

Les inspections fédérales et cantonales du travail sont chargées de l'exécution de la loi sur le travail.

4.5 Installations et appareils techniques sûrs

La loi fédérale sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques (LSIT) concerne l'offre et la mise en circulation d'installations et d'appareils techniques. L'article 3 de la LSIT indique les exigences en matière de sécurité:

Principe

Les installations et appareils techniques ne peuvent être mis en circulation que dans la mesure où ils ne mettent pas en danger, s'ils sont utilisés avec soin et conformément à leur destination, la vie et la santé des utilisateurs et des tiers.

Différentes autorités sont compétentes en matière d'exécution de la LSIT. La Suva a en charge le secrétariat de l'organe de coordination.

L'achat et la vente d'un bien ou d'un service sont régis par le Code des obligations. Des clauses concrètes, même concernant la sécurité au travail telles que les valeurs admissibles d'émissions sonores, peuvent donc être introduites dans des contrats de vente. Des propositions de formulation de valeurs limites (p. ex. L_{WA} , L_{pA}) sont disponibles dans la publication Suva 66027.f «Puissance acoustique et mesurages d'homologation».

4.6 Prescriptions relatives aux immissions de bruit extérieur

Les problèmes liés aux immissions de bruit sont réglementés au niveau de la Confédération par l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) relative à la loi fédérale sur la protection de l'environnement. Des valeurs limites et des critères d'évaluation ont été définis pour les types de bruit suivants:

- bruit de la circulation routière;
- bruit ferroviaire;
- bruit des aéroports civils;
- bruit industriel;
- bruit d'installations de tir;
- bruit des aéroports militaires.

La directive sur le bruit des chantiers (2000) de l'Office fédéral de l'environnement constitue un cas particulier. Elle définit des mesures de construction et d'exploitation destinées à limiter le bruit sur les chantiers selon l'article 6 de l'OPB et doit contribuer à l'exécution totale et correcte des prescriptions de protection contre le bruit sur les chantiers.

L'exécution de l'OPB est de la compétence des cantons.

4.7 Valeurs limites pour la protection contre le bruit dangereux pour l'ouïe

4.7.1 Bruit continu

La Suva évalue les effets dangereux du bruit pour l'ouïe aux postes de travail selon la norme ISO 1999 et en déduit les mesures requises.

Si le niveau d'exposition au bruit L_{EX} calculé pour une journée de travail atteint ou dépasse 85 dB(A), il est nécessaire de prendre les mesures de protection M1 (voir point 4.7.3).

Si le niveau d'exposition au bruit L_{EX} calculé pour une année atteint ou dépasse 85 dB(A), il est nécessaire de prendre les mesures de protection M2. Le personnel concerné a droit à des examens auditifs dans l'audiomobile.

Pour les niveaux d'exposition L_{EX} atteignant ou dépassant 88 dB(A) calculés pour une année, le personnel concerné doit faire contrôler son ouïe dans un audiomobile (voir figure 89, page 76).

4.7.2 Bruit impulsif

Si le niveau de pression acoustique de crête L_{Peak} dépasse 135 dB(C), il est nécessaire d'évaluer les risques auditifs sur la base du niveau d'exposition acoustique L_E en dB(A), additionné sur une heure et de prendre les mesures nécessaires.

$L_E < 120$ dB(A)

→ Mesures M1 (voir point 4.7.3)

$L_E \geq 120$ dB(A) mais < 125 dB(A)

→ Mesures M2, droit à un examen de l'ouïe

$L_E \geq 125$ dB(A)

→ Mesures M2, examen de l'ouïe obligatoire

Le point 9.2.2 définit quelles sont les personnes exposées professionnellement à un bruit impulsif qui ont droit ou doivent passer un examen auditif.

4.7.3 Mesures de protection contre le bruit

Les mesures de protection à prendre en raison de l'exposition au bruit au travail sont énumérées ci-après.

Mesures M1:

- Elaborer un plan de protection contre le bruit, recenser les moyens de lutte antibruit.
- Informer le personnel sur le danger du bruit pour son ouïe et sur les conséquences des lésions auditives.
- Instruire le personnel sur les mesures de sécurité requises et leur mise en œuvre.
- Distribuer gratuitement des protecteurs d'ouïe appropriés.
- Recommander le port de protecteurs d'ouïe lors de travaux bruyants.
- Interdire les travaux bruyants pour les femmes enceintes.

Mesures M2 s'ajoutant aux mesures M1:

- Prendre des mesures contre le bruit.
- Signaler les postes de travail, les appareils et les zones concernés au moyen du panneau «Protecteur d'ouïe obligatoire».
- Imposer le port de protecteurs d'ouïe lors de travaux bruyants.

4.8 Valeurs indicatives pour le bruit gênant aux postes de travail

4.8.1 Valeurs indicatives en fonction de l'activité

Le commentaire de l'ordonnance 3 relative à la loi sur le travail contient des valeurs indicatives (voir tableau 9) pour les trois groupes d'activités suivants:

Groupe 1: activités manuelles de routine nécessitant une attention temporaire ou peu élevée. Exemples: travail simple sur machines; travail de fabrication sur machines, appareils ou installations; travaux de services et d'entretien.

Groupe 2: activités intellectuelles répétitives nécessitant une concentration particulière, temporaire ou continue. Exemples: gestion, saisie de données, travail sur ordinateur, vente, service à la clientèle.

Groupe 3: activités nécessitant une concentration particulière et de la créativité. Exemples: travail scientifique, développement de programmes, rédaction, traduction, travail en salles radio.

4.8.2 Valeurs indicatives pour le bruit de fond dans les locaux de travail

Le commentaire de l'ordonnance 3 relative à la loi sur le travail contient également des valeurs indicatives pour le bruit de fond dans les locaux de travail (voir tableau 10). Le bruit de fond (bruits étrangers) est constitué de tous les bruits provenant des installations techniques (p. ex. ventilations, compresseurs, chauffage) et les bruits provenant de l'extérieur (bruits et circulation dans l'entreprise).

4.9 Autres critères d'évaluation du bruit

4.9.1 Ultrasons

Selon les connaissances actuelles, les ultrasons (gamme de fréquences entre 20 et 100 kHz) ne causent pas de lésions lorsque le niveau maximal reste inférieur à 140 dB et que le niveau moyen pour une exposition de huit heures par jour reste au-dessous de 110 dB.

Activité	Niveau d'exposition au bruit L_{EX} en dB(A)	
	Exigences normales	Exigences accrues
Groupe 1 Activités industrielles et artisanales	< 85	≤ 75
Groupe 2 Travaux de bureau et activités comparables de production ou tâches de surveillance	≤ 65	≤ 55
Groupe 3 Activités essentiellement intellectuelles, exigeant une grande concentration	≤ 50	≤ 40
Exigences normales:	valeurs indicatives à respecter de manière générale dans la plupart des cas.	
Exigences accrues:	valeurs indicatives pour les objectifs. En même temps, ce sont les valeurs à atteindre pour les activités présentant des exigences supérieures en matière de rendement et de qualité du travail ou nécessitant une attention particulièrement soutenue, etc.	
Tableau 9: valeurs indicatives en fonction de l'activité selon le Commentaire de l'ordonnance 3 relative à la loi sur le travail.		

4.9.2 Infrasons

Selon les connaissances actuelles, les infrasons (gamme de fréquences entre 2 et 20 Hz) ne causent pas de lésions lorsque le niveau moyen pour une exposition de huit heures par jour reste au-dessous de 135 dB et que le niveau maximal reste inférieur à 150 dB. Un niveau d'exposition au bruit L_{EX} supérieur à 120 dB peut apparaître désagréable.

4.10 Ordonnance son et laser

L'ordonnance fédérale sur la protection contre les nuisances sonores et les rayons laser, lors de manifestations (ordonnance son et laser) était entrée en vigueur le 1^{er} avril 1996. Elle indiquait comme valeurs limites 93 dB(A) ou, avec l'autorisation des autorités compétentes, 100 dB(A). La version révisée entrée en vigueur le 1^{er} mai 2007 remplace l'obligation de posséder une autorisation par une déclaration obligatoire pour l'organisateur. En fonction du niveau sonore, on distingue trois types de manifestations:

- manifestations dont le niveau sonore est au maximum de 93 dB(A) quelle que soit la durée;
- manifestations dont le niveau sonore se situe entre 93 et 96 dB(A) quelle que soit la durée ou jusqu'à 100 dB(A) pendant au maximum trois heures;
- manifestations dont le niveau sonore se situe entre 96 et 100 dB(A) pendant plus de trois heures.

Dans le premier cas < 93 dB(A), aucune mesure spéciale n'est nécessaire. En revanche, dans les deux autres cas, il faut prendre des mesures complémentaires, selon le niveau sonore, telles que information, mise à disposition de protecteurs d'ouïe, mesure ou enregistrement du bruit, le cas échéant séparation de la zone bruyante des zones calmes. On établit le niveau de pression acoustique continu au moyen de mesures effectuées toutes les heures au point de niveau sonore maximal dans la zone accessible au public.

Local	Niveau d'exposition au bruit L_{EX} en dB(A)
Petit bureau (≤ 3 personnes)	40
Bureau moyen	40
Salles de réunion et de conférence	40
Bureau paysager	45
Bureau équipé de plusieurs machines	45
Local d'ordinateurs	50
Bureau d'atelier	60
Salle de commande	60
Cabine de commande	70
Laboratoire	50
Local de pause ou de permanence	60
Local de repos ou d'infirmerie	40
Cantine	55
Salle d'opération	40
Salle de cours	40
Appartement de service (la nuit)	35

Tableau 10: valeurs indicatives pour le bruit de fond dans les locaux de travail.

Si on utilise un autre point de mesure, par exemple à la table de mixage, il convient d'établir au préalable la différence de niveau sonore entre le point de niveau sonore maximal et l'autre point de mesure grâce à un bruit d'essai et de tenir compte d'une marge de sécurité.

L'ordonnance son et laser réglemente seulement la protection du public assistant à des manifestations. Selon les cas, la protection des riverains contre les nuisances sonores et le tapage nocturne requiert des mesures plus restrictives. Pour les personnes travaillant dans des établissements publics diffusant de la musique ou lors de manifestations selon la LAA, il convient de respecter les valeurs limites figurant au point 4.7.

Des informations complémentaires sont disponibles sur www.suva.ch/bruit.

4.11 Norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»

La norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment» a été totalement révisée en 2006 (en remplacement de l'ancienne version de 1988). Cette norme contient des exigences relatives à l'acoustique des bâtiments (p. ex. utilisation de parois de séparation et de plafonds pour assourdir le son aérien et le bruit de choc, affaiblissement du son aérien des façades, bruit des équipements et installations techniques). Elle met notamment l'accent sur les méthodes d'évaluation, de calcul et de mesure normalisées au niveau international. Elle se rapporte désormais aussi à l'acoustique des locaux scolaires et des salles de sport.

4.12 Déclaration du niveau sonore selon la directive européenne «Machines»

Afin d'éliminer toutes entraves au commerce, le Conseil de l'Union européenne élabore des directives CE qui sont ensuite transposées dans le droit national de chaque pays membre de l'Union européenne. La Suisse a décidé d'intégrer dans sa législation les directives européennes se rapportant au commerce international de produits, notamment la directive «Machines» 98/37/CE (du 22.06.1998) et 2006/42/CE (du 17.5.2006, en vigueur à partir du 29.12.2009) présentée brièvement ci-après.

Conformément à cette directive, les machines doivent être conçues et construites de manière à ce que les dangers dus aux émissions de bruit soient le plus faible possible. Il faut tenir compte des progrès techniques et de tous les moyens disponibles pour réduire le bruit. La lutte contre le bruit se fonde principalement sur l'élimination du bruit à sa source.

Obligation de déclarer les installations et appareils techniques

Le fournisseur d'une machine doit indiquer la valeur des émissions sonores sur la machine

ou dans la notice d'instructions (98/37/CE, point 1.7.3, alinéa f ou 2006/42/CE, point 1.7.4.2, alinéa u). Les valeurs d'émission de bruit à fournir figurent au tableau 11.

Lorsque l'emplacement d'un poste de travail par rapport à une machine ne peut pas être défini avec précision, il est possible d'indiquer le niveau de pression acoustique d'émissions à un mètre de distance de la surface de la machine en question.

Si la valeur maximale du niveau de pression acoustique momentané pondéré C dépasse au poste de travail 130 dB, il faut fournir en complément cette valeur d'émission.

Pour les machines mobiles (véhicules), l'obligation de déclarer est définie en général dans des directives distinctes, notamment pour les chariots élévateurs et les engins de chantier.

4.13 Mesures de protection contre le bruit d'après la directive européenne 2003/10/CE

En matière de protection contre le bruit, le principal texte est la directive européenne 2003/10/CE concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus à des agents physiques (bruit) du 6 février 2003, qui est entrée en vigueur le 15 février 2006 dans l'UE (avec un délai transitoire jusqu'au 15 février 2011 pour les musiciens).

Les valeurs d'exposition déclenchant l'action et les valeurs limites d'exposition contenues dans la directive européenne 2003/10/CE sont rappelées dans le tableau 12. Ces valeurs se réfèrent à une exposition quotidienne de 8 h ($L_{EX,8h}$). Lorsque les expositions au bruit varient fortement au cours de la journée, il est autorisé d'évaluer le niveau sonore sur une semaine.

Les mesures obligatoires découlant de la directive européenne 2003/10/CE sont résumées dans le tableau 13.

$L_{pA}^{1)}$	$L_{pA}^{2)}$	Valeur d'émission à indiquer
≤ 70 dB(A)	≤ 70 dB(A)	Niveau de pression acoustique des émissions au poste de travail: $L_{pA} < 70$ dB ou $L_{pA} = \dots$ dB
> 70 dB(A)	> 70 dB(A)	Niveau de pression acoustique des émissions au poste de travail: $L_{pA} = \dots$ dB
> 85 dB(A)	> 80 dB(A)	Niveau de pression acoustique des émissions au poste de travail: $L_{pA} = \dots$ dB et niveau de puissance acoustique des émissions au poste de travail: $L_{WA} = \dots$ dB

Tableau 11: déclaration du niveau sonore selon la directive européenne «Machines».

¹⁾ selon la directive «Machines» 98/37/CE (du 22.06.1998)

²⁾ selon la directive «Machines» 2006/42/CE (valable à partir du 29.12.2009)

Valeurs déclenchant l'action et valeurs limites d'exposition	Directive 2003/10/CE
Valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action	$L_{EX,8h} = 80$ dB(A) ou $L_{peak} = 135$ dB(C)
Valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action	$L_{EX,8h} = 85$ dB(A) ou $L_{peak} = 137$ dB(C)
Valeurs limites d'exposition tenant compte des propriétés isolantes des protecteurs d'ouïe	$L_{EX,8h} = 87$ dB(A) ou $L_{peak} = 140$ dB(C)

Tableau 12: valeurs d'exposition déclenchant l'action et valeurs limites d'exposition de la directive européenne 2003/10/CE.

Mesures	Valeur d'exposition	
	inférieure	supérieure
Information et formation obligatoires	x	x
Obligation de l'employeur à mettre à disposition des protecteurs d'ouïe	x	x
Droit à un examen audiométrique préventif lorsque l'évaluation et les mesurages indiquent un risque pour la santé	x	x
Droit à un examen auditif par un médecin ou sous la responsabilité d'un médecin		x
Port obligatoire de protecteurs d'ouïe		x
Programme de réduction du bruit		x
Signalisation des zones bruyantes, Signalisation des zones dans lesquelles la valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action peut être dépassée		x
Dossier médical, si détection d'un risque particulier à la suite d'une évaluation et de mesurages	(x)	(x)

Tableau 13: mesures obligatoires selon la directive européenne 2003/10/CE.

La Suisse n'a pas transposé la directive européenne 2003/10/CE dans sa législation. Les valeurs limites pour le bruit en vigueur en

Suisse depuis le 1^{er} janvier 2007 divergent très faiblement des valeurs figurant dans cette directive européenne.

5 Technique de mesure du bruit

5.1 Objectif des mesures du bruit

Les mesures de bruit servent à évaluer de façon objective une situation acoustique. Le résultat doit être reproductible, indépendamment de l'instrument de mesure utilisé et de la personne ayant effectué les mesures. A cette fin, il existe diverses normes internationales relatives aux instruments et aux méthodes de mesure.

Les **mesures d'immission sonore** concernent les effets du bruit en un lieu donné ou sur une personne, c'est-à-dire les effets relatifs à l'auditeur (voir figure 45). Pour effectuer de telles mesures, on utilise un microphone en remplacement de l'oreille humaine. Les caractéristiques de cette dernière sont simulées par des moyens techniques, notamment par la pondération des différentes fréquences et la pondération temporelle du signal acoustique. La dangerosité pour le système auditif dépend de l'énergie acoustique perçue. C'est pour cette raison que l'on cherche à déterminer le niveau sonore, dont l'énergie est représentative de l'exposition globale au bruit: c'est le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} .

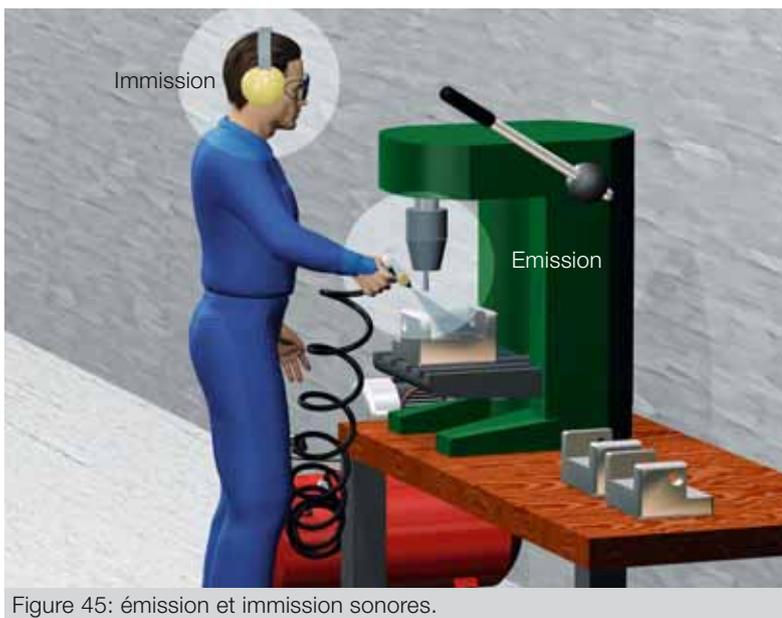


Figure 45: émission et immission sonores.

Les **mesures d'émission sonore** concernent la source en tant que telle. Il s'agit par exemple de déterminer la puissance acoustique émise par une machine pour la déclaration du niveau sonore. Les mesures portant sur les sources de bruit, en général au moyen d'une analyse spectrale, constituent la base de la lutte technique contre le bruit.

5.2 Composants des instruments de mesure

Les composants des instruments de mesure sont décrits ci-après sur la base de l'exemple d'un sonomètre intégrateur (figure 46).

Le **microphone de mesure** réagit largement indépendamment de la direction. Il fournit une tension électrique proportionnelle à la pression acoustique. Généralement, on utilise des microphones à condensateur d'un diamètre d'un demi pouce (12,7 mm), possédant une sensibilité de quelque 50 mV/Pa et une courbe de réponse (en champ libre avec une incidence frontale) allant jusqu'à 10 ou 20 kHz, soit prépolarisés (microphones à électret) soit avec polarisation externe de 200 volts. Pour les utilisations spéciales (niveau, fréquence assez élevés), on recourt à des microphones plus petits ou assez insensibles. Les données types des microphones de mesure courants figurent au tableau 14.

On trouve à proximité du microphone un convertisseur d'impédance (préamplificateur). Il arrive souvent qu'on branche une rallonge entre le préamplificateur et le sonomètre.

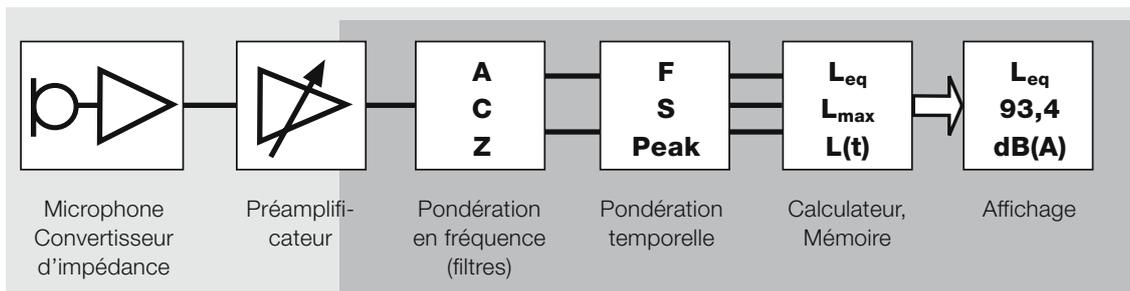


Figure 46: composition basique d'un sonomètre intégrateur. Les instruments récents permettent souvent d'utiliser en même temps plusieurs pondérations en fréquence et en temps. Les fonctions en gris sont à présent souvent numériques.

Diamètres		1/2 pouce	1/2 pouce	1/4 pouce	1/4 pouce	1/8 pouce
Egalisation (champ libre, pression/diffus)		champ libre	champ libre	champ libre	pression	pression
Sensibilité	[mV/Pa]	50	12-14	4,0	1,4	1,0
L_{peak} maximal seulement pour le microphone	[dB]	146	160	164	172	168
L_{peak} maximal avec instrument de mesure	[dB]	140	152	162	172	174 ¹⁾
Bruit de fond	[dB(A)]	15	24	39	47	56
Courbe de réponse jusqu'au maximum	[kHz]	20 ²⁾	40	70	100	140

Tableau 14: microphones de mesure courants.

¹⁾ Distorsion du microphone > 3%

²⁾ Pour les microphones de qualité; selon CEI 61672, seule une courbe de réponse jusqu'à 12 500 (classe 1) ou 8000 Hz (classe 2) est exigée!

f [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16 000
A [dB]	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1	-6,6
C [dB]	3,0	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3,0	-8,5

Tableau 15: valeurs d'atténuation des pondérations A et C à diverses fréquences f.

Les **filtres de pondération** A et C (voir point 2.7), de même que le filtre B qui n'est plus utilisé, proviennent d'une approximation des courbes isosoniques pour différents niveaux de pression acoustique. On utilise principalement le filtre A, car il reproduit le mieux la fonction de transfert acoustique de l'oreille humaine. Le filtre C est utilisé pour le bruit impulsif ou de basse fréquence. Les valeurs d'atténuation des pondérations A et C à différentes fréquences figurent au tableau 15. Des valeurs d'atténuation à d'autres fréquences sont disponibles à la figure 11.

Il faut toujours indiquer, pour chaque mesure, le filtre utilisé, par exemple sous la forme $L = x \text{ dB(A)}$ ou $L_A = x \text{ dB}$.

Noms	Abréviations	Redresseur ¹⁾	Constantes de temps	Retour
Lente	Slow	S	Valeur efficace / RMS	1 s ²⁾
Rapide	Fast	F	Valeur efficace / RMS	125 ms ²⁾
Impulse	Impulse	I	Valeur efficace / RMS	35 ms ²⁾
Crête	Peak (hold) ³⁾	P	Valeur de crête / Peak	10–50 μ s

Tableau 16: constantes de temps pour la mesure du bruit.

¹⁾ Valeur efficace = racine carrée de la moyenne des carrés des valeurs que prend une grandeur périodique pendant une période entière = valeur RMS («root mean square» = racine de la moyenne des carrés).

²⁾ Ces constantes de temps valent pour la tension de signal au carré.

³⁾ La valeur maximale reste affichée.

La **constante de temps**, ou pondération temporelle, détermine la réaction de l'affichage aux changements de niveaux. On utilise une moyenne dynamique, c'est-à-dire qui néglige progressivement les valeurs les plus anciennes. Les constantes de temps normalisées au niveau international sont énumérées au tableau 16.

La constante de temps Slow atténue les variations de niveau, ce qui en facilite la lecture, contrairement à l'affichage en position Fast qui suit aux variations du signal (figure 47). Il existe aussi une constante de temps bien plus courte, appelée Impulse, créée pour reproduire la perception de l'intensité sonore, ce que Fast permet cependant de mieux restituer. Il est à noter que la constante Impulse n'est proposée qu'en option sur certains instruments de mesure et n'est pas utilisée en Suisse. La descente de l'affichage est ralentie de manière importante. Pour un signal oscillant, on obtient avec cette constante des valeurs plus élevées qu'avec Fast ou Slow. On a créé la constante de temps Peak pour

pouvoir déterminer la valeur de crête de la pression acoustique. Elle se caractérise par un temps de montée extrêmement bref de quelques microsecondes.

Pour un signal sinusoïdal constant (son étalon), on obtient un résultat identique avec les constantes Slow, Fast et Impulse. En revanche, le niveau Peak donne une valeur supérieure de 3 dB, équivalent à la différence entre la valeur de crête et la valeur efficace.

Lors de mesures du bruit aux postes de travail, l'évolution temporelle du niveau Fast ou Slow est rarement analysée, contrairement à leurs maximum et minimum.

De brèves impulsions sonores produisent, selon la constante de temps (temps de montée), des niveaux sonores maximaux très différents, comme le montre l'exemple d'un tir d'un fusil d'assaut figurant au tableau 17. Dans ces cas-là, un niveau sonore indiqué sans la constante de temps utilisée ne sert à rien.

Niveau maximal Peak	154 dB(A)
Niveau maximal Impulse	136 dB(A)
Niveau maximal Fast	130 dB(A)
Niveau maximal Slow	121 dB(A)

Tableau 17: tir d'un fusil d'assaut 90 à l'oreille plus exposée du tireur.

Selon les instruments, l'**affichage** va de 20 à 100 dB (appareils numériques). Les instruments les plus utilisés ont un affichage à cristaux liquides. Ils donnent parfois simultanément le niveau

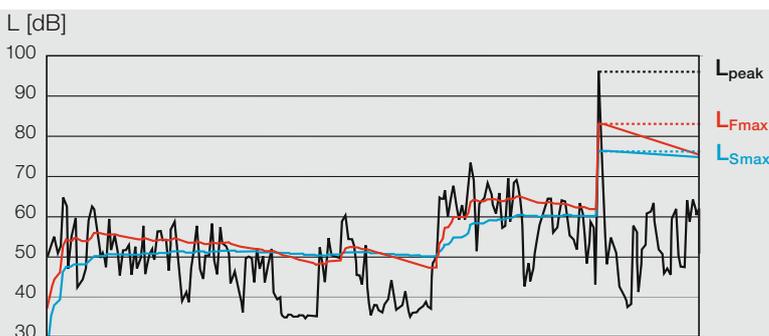


Figure 47: valeur de crête Peak et valeurs efficaces Fast et Slow d'un signal sonore.

moyen (affichage numérique), le niveau instantané (sous forme de barres ou de colonnes), le niveau maximal ainsi que d'autres données.

Les **interfaces** numériques et analogiques permettent la transmission des données à une imprimante ou à un ordinateur, le raccordement d'un écran vidéo ou d'ordinateur ou de commander l'instrument au moyen d'un ordinateur.

L'**ordinateur** calcule et mémorise toutes les valeurs de mesure, pilote et surveille l'instrument de mesure. Le traitement du signal (p. ex. analyse spectrale et temporelle) s'effectue de plus en plus au moyen de processeurs numériques de signaux.

5.3 Instruments de mesure et d'analyse du bruit aux postes de travail

Le **sonomètre** est l'instrument le plus important pour les mesures courantes du bruit. On peut trouver des modèles simples (figure 48) à partir de 50 francs (!), mais ces instruments ne satisfont pas aux normes et ne devraient servir qu'à des mesures indicatives. Pour un instrument professionnel simple (classe 2 selon EN 61672), il faut compter environ 1000 francs. Pour un modèle intégrateur, l'ordre de prix est de 2000 francs, voire



Figure 48: sonomètres bon marché.



Figure 49: sonomètre intégrateur bon marché.

jusqu'à 10 000 francs pour un instrument de précision (classe 1) possédant de nombreuses possibilités de saisie de données et de connexions d'instruments complémentaires. Une liste actualisée des fournisseurs d'instruments de mesure est disponible sur le site de la Suva sous www.suva.ch/bruit.

L'instrument de mesure idéal aux postes de travail est le **sonomètre intégrateur** (figure 49). Il existe aussi des modèles meilleur marché non homologués internationalement, mais donnant des résultats assez fiables.

Certains sonomètres intégrateurs professionnels (figure 50) mesurent simultanément le niveau de crête, le niveau maximum «Fast» et



Figure 50: sonomètres de précision intégrateurs avec analyse spectrale.

L_{eq} , souvent en parallèle avec différentes pondérations en fréquence (A et C ou linéaire) ou avec une analyse spectrale.

Les **dosimètres** sont des sonomètres intégrateurs au format de poche offrant diverses possibilités d'enregistrement des données (p. ex. L_{eq} par minute), avec microphone relié à l'instrument par un câble. Ils peuvent être portés à l'épaule ou fixés sur le casque d'un travailleur (figure 51). Ils conviennent particulièrement à la mesure de l'exposition aux postes de travail mobiles et aux mesures de longue durée. Ils devraient respecter les exigences de la norme EN 61252.

Des modèles plus récents peuvent enregistrer des niveaux de quelque 40 à plus de 140 dB. Ils enregistrent souvent en plus la durée et la fréquence de dépassement d'un niveau donné ainsi que le temps durant lequel l'instrument est surchargé.



Figure 51: dosimètres.

Les **analyseurs parallèles** traitent simultanément le signal sonore dans les différentes bandes d'octave ou de tiers d'octave (voir point 2.10). Ils indiquent le niveau instantané, le niveau maximal et le niveau moyen par bande de fréquence et peuvent mémoriser ce spectre. Ils sont en général capables d'afficher des spectres différentiels. L'analyse

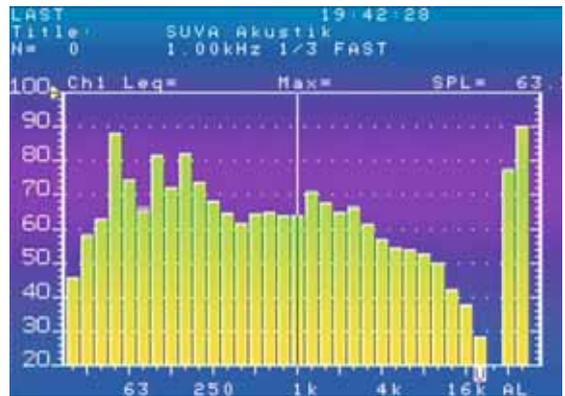


Figure 52: représentation d'un spectre d'une bande de tiers d'octave sur l'écran d'un analyseur de fréquence.

spectrale est présentée sur un écran à cristaux liquides ou un écran vidéo (figure 52). Ces instruments sont équipés d'interfaces numériques et permettent la transmission des données sur un ordinateur en vue de leur évaluation.

Une analyse en octave ou tiers d'octave est de plus en plus proposée, au moins en option, par les sonomètres de qualité (figure 50).

Les **analyseurs en bandes étroites** montrent le spectre sur une échelle de fréquence linéaire avec une largeur de bande constante. Ils servent surtout dans la lutte technique contre le bruit pour établir le lien entre des phénomènes électriques ou mécaniques dans une machine et le rayonnement sonore.

Les **sources sonores étalons** (pistonphone, calibreur) sont placées sur le microphone et produisent une pression acoustique définie. Il est ainsi possible de contrôler, voire, le cas échéant, de corriger la sensibilité du sonomètre ou de l'ensemble de la chaîne de mesure. La stabilité de niveau des sonomètres de qualité est devenue presque aussi bonne que celle des étalons utilisés précédemment. En revanche, les nouveaux calibreurs avec microphone de référence incorporé sont plus stables. Les sources sonores étalons dont la fréquence du signal est de 1 kHz ne demandent aucune correction de leur niveau, quelle que soit la pondération en fréquence utilisée (voir tableau 15).

Pour enregistrer l'évolution temporelle du niveau sonore, brièvement (p. ex. mesure du temps de réverbération) ou sur de longues périodes (p. ex. évolution temporelle du niveau sur 24 h), on utilisait par le passé des enregistreurs de niveaux. A présent, cette fonction est généralement proposée directement par un sonomètre ou un programme d'évaluation sur ordinateur (figure 53).

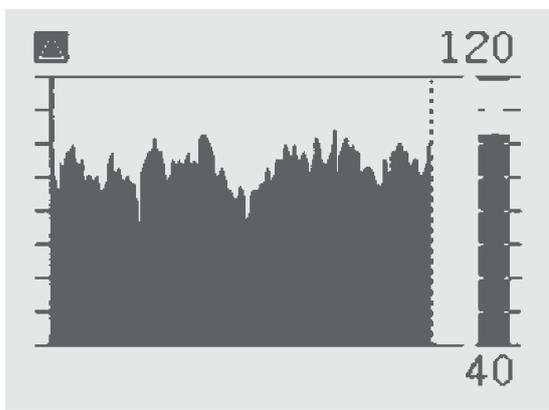


Figure 53: affichage temps-niveau d'un sonomètre (axe horizontal: temps, axe vertical: niveau).

Les **magnétophones numériques portables** avec un disque dur, une carte mémoire (comme pour les appareils photo numériques: Compact Flash, etc.) ou un mini-disque sont bien adaptés à l'enregistrement des signaux sonores (figure 54). Ce mode d'enregistrement se caractérise par une courbe de réponse absolument linéaire jusqu'à 20 kHz (avec une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz), un rapport signal/bruit élevé (p. ex. 85 dB avec une résolution de 16 bits) ainsi qu'une longue durée d'enregistrement selon la capacité de mémoire. La qualité de reproduction dépend essentiellement de la technique d'enregistrement (standard) utilisée. Moyennant certaines précautions, des appareils non professionnels peuvent aussi convenir. Les données sont transférées sur un ordinateur ou un analyseur en vue de leur analyse. Des études ont montré qu'une faible compression des données comme dans le cas des mini-disques (Atrac) ne dénature pas les données mesurées, même pas les valeurs de crête, car seuls les signaux «inaudibles» sont

supprimées. Les enregistrements avec une réduction plus importante des données, par exemple avec le format MP3, ne devraient servir qu'à l'identification de signaux sonores ou comme documentation, mais en aucun cas à des analyses ultérieures.



Figure 54: enregistreur numérique bicanal avec carte mémoire Compact Flash (Wave, jusqu'à 24 bits/96 kHz).



Figure 55: enregistreur numérique quadricanal équipé d'un disque dur.

Enregistrement sonore intégré

En vue de procéder à l'identification d'événements sonores, à la documentation ou à des analyses ultérieures en laboratoire, des appareils de mesure récents permettent d'enregistrer un signal sonore capté par un microphone, dans sa globalité ou par exemple à partir d'une valeur seuil déterminée. Les données, non compressées si elles sont enregistrées en format wav et PCM ou compressées si c'est un format MP3 ou wma par exemple, sont stockées sur une carte mémoire intégrée dans ces sonomètres. Elles peuvent être récupérées par exemple via USB.

Les systèmes d'enregistrement à disque dur mémorisent le signal sonore numérique sur le disque dur d'un ordinateur. Ils sont capables de supprimer, répéter ou modifier des passages donnés. Ils conviennent donc bien aux analyses spécifiques. La représentation à l'écran de l'évolution du signal, comme sur un oscilloscope, facilite l'analyse (figure 56). Des convertisseurs élaborés permettent de

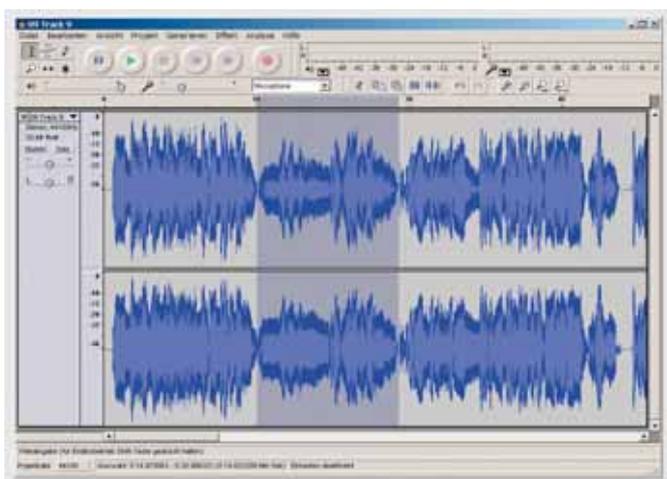


Figure 56: représentation à l'écran d'un système d'enregistrement à disque dur.

numériser des données avec 96 kHz et 24 bits et ainsi avec une courbe de réponse dépassant 40 kHz et un rapport signal/bruit allant jusqu'à 115 dB. En qualité CD (44 kHz, 16 bits), presque 5 méga-octets de mémoire sont nécessaires par minute et par canal. Pour une qualité supérieure, il faut compter encore plus (p. ex. environ 16 MO par minute à 96 kHz, 24 bits).

5.4 Conseils pratiques pour les mesures de bruit

Pour bien **préparer une mesure du bruit**, il convient de se poser les questions suivantes:

- Quel est l'objectif de la mesure à effectuer? Quelles données sont nécessaires? Comment faut-il analyser les données récoltées et sur quels critères faut-il les comparer? Quelles sont les normes à utiliser?
 - Quelle importance a la mesure? S'agit-il d'une expertise, d'un contrôle ou d'une simple estimation? Une seule mesure suffit-elle ou en faut-il plusieurs?
 - Quels sont les événements sonores (domaine des niveaux sonores, domaine de fréquence, évolution temporelle)?
 - Le champ d'application des instruments de mesure définie dans le mode d'emploi est-il respecté?
 - Quelles sont les influences parasites (vent, réflexions, autres sources sonores, températures extrêmes)?
- Avant de procéder à la mesure**, il convient de vérifier tous les instruments, leurs réglages ainsi que l'état de leurs piles. L'étalonnage à l'aide d'un calibre qui permet de contrôler toute la chaîne de mesure, y compris le microphone, doit être préféré à l'utilisation d'un signal électrique de référence, car ce dernier ne permet pas de contrôler l'ensemble de la chaîne de mesure.
- Pendant la mesure**, il faut tenir compte des éléments suivants.
- Couvrir le microphone d'une bonnette anti-vent en mousse à pores ouverts le protège du vent, de la pluie et des poussières.
 - Les vibrations ne sont pas gênantes tant que l'instrument de mesure est tenu en main. Lorsque le microphone ou le sonomètre est monté sur un trépied, elles peuvent cependant fausser les résultats dans les basses fréquences.
 - Pour les mesures effectuées sur une personne, le microphone est placé près des oreilles, mais à une certaine distance de la tête ou des objets pouvant faire augmenter le niveau sonore par réflexion.
 - Le microphone doit se trouver à au moins une longueur de bras du corps de la personne concernée afin d'éviter au maximum les réflexions dues au corps de cette personne.
 - Il faut éviter toute surmodulation, même brève.

Différence de niveau dB(C) – dB(A)	36,4	25,4	15,9	8,6	3,2	dB
Composante spectrale dominante	31,5	63	125	250	500	Hz

Tableau 18: différence de niveaux dB(C) – dB(A) pour estimer la fréquence.

Même des appareils de la classe 1 peuvent fournir des résultats très différents pour des signaux avec une fréquence entre 10 kHz et 20 kHz (p. ex. fréquences sous-harmoniques d'appareils à ultrasons), en raison des larges tolérances admises. Dans de tels cas, il est important que la bande passante du microphone utilisé atteigne jusqu'à 20 kHz ou du moins qu'elle soit connue avec précision (voir publication Suva 66077.f «Bruits des installations à ultrasons»).

Il est possible de définir la part de basses fréquences d'après la différence de niveaux obtenus entre les pondérations C et A sans recourir obligatoirement à une analyse spectrale: plus cette différence est importante, plus la part des basses fréquences est élevée. Lorsqu'il s'agit d'un bruit de bourdonnement dominant (son pur), on peut même définir sa fréquence approximative (voir figure 11 au point 2.7 et tableau 18).

En l'absence de sonomètre intégrateur, on peut estimer L_{eq} à partir de l'ampleur des variations du niveau sonore instantané «Slow». Ainsi, si les variations sont entre 0 et 5 dB, L_{eq} se trouve environ au milieu entre le minimum et le maximum. Avec des variations entre 5 et 10 dB, L_{eq} est environ à $1/3$ en dessous du maximum. Au-delà de 10 dB, il est indispensable d'utiliser un sonomètre intégrateur.

Il est important que la durée de la mesure soit représentative, c'est-à-dire qu'elle englobe au minimum un cycle de travail.

L'affichage numérique des instruments modernes de mesure pourrait entraîner des surestimations de la reproductibilité des mesures de bruit. Même si l'exactitude de ces instruments est élevée, le résultat reste fortement tributaire du choix des points de mesure et en particulier du mode de fonctionnement de la machine et de la pièce à usiner. En général, les niveaux sonores ne devraient être indiqués qu'avec une valeur entière en décibels, à l'exception des résultats intermédiaires (afin d'éviter des erreurs d'arrondissement lors du traitement ultérieur des données).

Le **rapport de mesure** doit indiquer les conditions principales de mesure et fournir les renseignements suivants:

- lieu, date, heure de la mesure, objectif de la mesure, normes utilisées;
- photographies, croquis ou descriptif des lieux, de l'acoustique du local, de la position des microphones et de la hauteur au-dessus du sol;
- références et données techniques relatives à la source/aux sources du bruit, mode de fonctionnement de(s) source(s) (marche à vide, pleine charge, etc.);
- instrument de mesure utilisé et réglages effectués (niveau, filtre, constante de temps), durée des mesures ou temps de moyennage;
- résultat des mesures: ampleur des variations du niveau sonore instantané et du niveau moyen;
- résultat du questionnaire: durée d'utilisation des machines, proportion des différentes activités ou des différents modes de fonctionnement, temps d'exposition au bruit;
- remarques et informations complémentaires.

Les mesures doivent pouvoir être reproduites sur la base du rapport de mesure.

5.5 Mesures du bruit effectuées par la Suva

Les spécialistes de la Suva utilisent, pour les mesures du bruit aux postes de travail, des sonomètres intégrateurs de précision affichant simultanément les variations du niveau sonore avec la constante de temps «Fast» et le niveau de pression acoustique continu. Pour les postes de travail mobiles et les mesures de longue durée, ils recourent à des dosimètres.

Lorsqu'une expertise détaillée est nécessaire, par exemple pour l'évaluation de mesures anti-bruit, ils effectuent des enregistrements avec un instrument de mesure ou sur un enregistreur numérique pour analyse en laboratoire.

Des microphones et des sonomètres spéciaux sont utilisés pour la mesure des ultrasons, infrasons et détonations. Pour les mesures pour les écouteurs, radiotéléphones, écouteurs téléphoniques, coquilles de protection actives et autres «sources sonores proches de l'oreille», on dispose de coupleurs acoustiques ou de têtes artificielles (Head and Torso Simulator HATS).

Après les mesures, l'entreprise reçoit un rapport de mesure. Il renseigne sur l'objectif des mesures, les instruments utilisés, l'enregistrement des données et les valeurs limites appliquées par la Suva.

Lorsque la mesure effectuée vise principalement à contrôler l'exposition au bruit, le rapport de mesure intègre un tableau individuel des niveaux sonores (voir point 6.4) indiquant les niveaux sonores, les temps d'exposition et les protecteurs d'ouïe requis.

Pour les mesures d'émission sonore de sources de bruit et les mesures antibruit possibles, le rapport de mesure est étoffé de diverses informations complémentaires telles qu'une analyse spectrale et un plan ou un croquis avec l'emplacement des points de mesure et éventuellement le niveau sonore correspondant.

Le rapport de mesure indique les principaux éléments interagissant et les résultats intermédiaires pour les mesures de bruit sur des machines.

Dans le cas de mesures de la puissance acoustique, le rapport de mesure mentionne les temps de réverbération dans les différentes bandes de fréquence (figure 57). Une courbe de décroissance sonore spatiale (figure 58) présente le niveau actuel et le niveau obtenu après l'adoption de mesures acoustiques. Le cas échéant, il y a une carte de bruit (figure 78, page 66) qui représente la répartition spatiale des niveaux sonores.

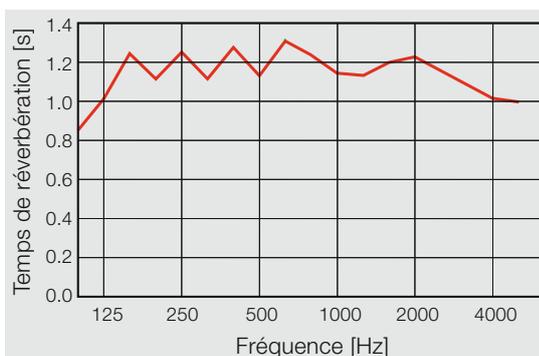


Figure 57: temps de réverbération.

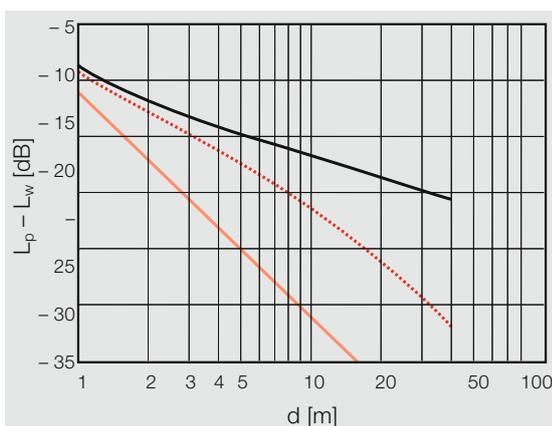


Figure 58: courbe de décroissance sonore spatiale.

6 Appréciation du bruit

6.1 Appréciation du niveau d'exposition au bruit L_{EX}

6.1.1 Bases d'appréciation

En principe, connaître l'exposition moyenne au bruit et la comparer à la valeur limite en vigueur suffit pour déterminer la dangerosité d'un niveau sonore à un poste de travail. En pratique, il s'avère parfois difficile de déterminer cette exposition moyenne. En outre, le niveau sonore n'est pas toujours le même à chaque poste pendant la durée du travail.

Lorsqu'on observe par exemple une imprimerie s'occupant de petits tirages, une bonne partie du temps de travail est consacré aux changements nécessaires à chaque tirage, ce qui expose à un faible niveau sonore. En revanche, lors de gros tirages, les machines tournent pendant des heures en continu. Cette alternance de périodes bruyantes et calmes est propre à de multiples métiers (menuisier, forestier, ouvrier en bâtiment, mécanicien, etc.) et varie selon les contrats ou les cas.

6.1.2 Calcul du niveau d'exposition au bruit L_{EX}

Les normes ISO 1999¹⁾ et ISO 9612²⁾ définissent comme grandeur pour l'exposition au bruit le niveau d'exposition au bruit L_{EX} . La Suva se fonde sur ces deux normes pour déterminer l'exposition au bruit aux postes de travail.

Une question importante pour l'appréciation du bruit est la durée à considérer. La Suva détermine le niveau d'exposition quotidien $L_{EX,8h}$ et annuel $L_{EX,2000h}$. Une surdité survenant après une exposition au bruit pendant plusieurs années, L_{EX} doit en général être compris comme $L_{EX,2000h}$.



Figure 59: le niveau sonore varie pour certaines professions selon les saisons.

¹⁾ ISO 1999, édition 1990-01: «Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit»

²⁾ ISO 9612, édition 1997-06-01: «Acoustique – Guide pour le mesurage et l'évaluation de l'exposition au bruit en milieu de travail»

Lorsque le niveau sonore reste le même pendant toute la durée du travail et qu'une personne est exposée au bruit pendant tout son temps de travail, le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} (voir point 2.8.1) mesuré au poste de travail correspond directement au niveau d'exposition au bruit L_{EX} . En cas de variations temporelles du bruit, on dispose de diverses méthodes d'appréciation du bruit (voir figure 60).

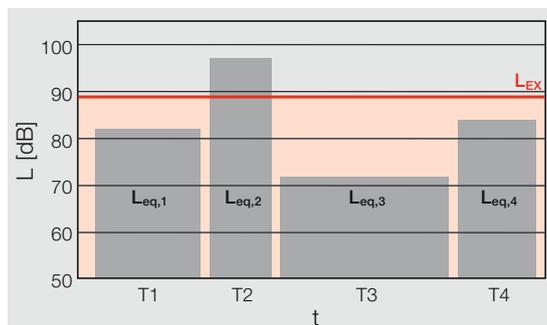


Figure 60: expositions à divers bruits et niveau d'exposition au bruit L_{EX} .

$$L_{EX} = 10 \cdot \lg \sum_i \frac{T_i}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{eq,i}} \text{ [dB(A)]}$$

$L_{eq,i}$: niveau de pression acoustique continu équivalent pour la phase de travail i en dB(A)

T_i : durée de la phase de travail i en heures

T_0 : durée de travail standard (8 h, 40 h ou 2000 h)

Formule 16

Lors d'expositions variables à des bruits, il est nécessaire de considérer séparément des durées ou des phases de travail durant lesquelles les bruits sont typiques et inchangés et de déterminer le niveau de pression acoustique correspondant L_{eq} . Il convient de consigner la durée de chaque phase de travail ou sa part dans la durée totale du travail (durée d'exposition à une source sonore particulière). A partir de ces données et la formule 16, il est possible de calculer l'exposition au bruit pour une durée de travail standard (voir aussi figure 61).

Lors du choix des phases de travail, il faut faire particulièrement attention à ce que le niveau sonore qui dépend de divers paramètres (dimensions de la pièce à usiner, matériaux à usiner, vitesse d'usinage) soit représentatif. Il est nécessaire, le cas échéant, d'effectuer des mesures lors de différents modes de fonctionnement de la machine. Le résultat obtenu doit être intégré proportionnellement dans le calcul global.

$$L_{EX} = 10 \cdot \lg \sum_i \frac{p_i}{100} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{eq,i}} \text{ [dB(A)]}$$

p_i : durée de la phase de travail en % de la durée de travail

Formule 17

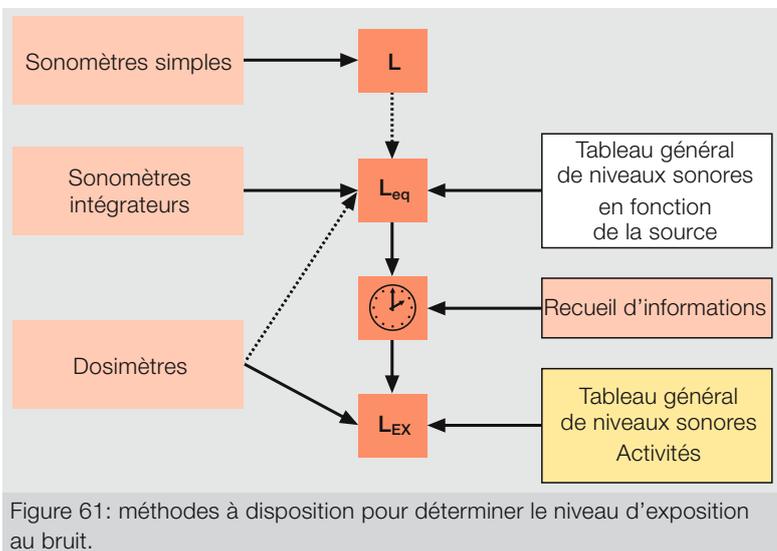


Figure 61: méthodes à disposition pour déterminer le niveau d'exposition au bruit.

L_{EX} correspond toujours à une durée de travail standard T_0 de 8 h par jour, de 40 h par semaine ou de 2000 h par an. Lorsque la durée de travail effective T_e d'un travailleur dépasse fortement la durée de travail standard T_0 , il faut corriger le niveau d'exposition au bruit au moyen de la formule 18 (voir aussi ISO 9612).

$$L_{EX} = L_{eq,T_e} + 10 \cdot \lg \frac{T_e}{T_0} \text{ [dB(A)]}$$

T_e : durée de travail effective

T_0 : durée de travail standard (8 h, 40 h ou 2000 h)

Formule 18

Une autre méthode pour déterminer le L_{EX} consiste en une mesure de longue durée (par exemple toute une journée de travail). Le niveau de pression acoustique équivalent L_{eq} de cette mesure correspond directement au niveau d'exposition annuel L_{EX} pour l'activité considérée à condition que l'exposition au bruit pendant toute la durée de la mesure soit représentative d'une année de travail.

6.1.3 Niveaux d'exposition quotidien et annuel

Comme indiqué au point 4.7, la Suva utilise deux niveaux d'exposition au bruit différents pour l'appréciation du risque: le niveau d'exposition quotidien et le niveau d'exposition annuel. Le premier détermine l'exposition au bruit sur une unique journée de travail avec un niveau sonore important. Le second indique l'exposition au bruit sur une année entière. Pour pouvoir évaluer si une exposition au bruit donnée est dangereuse pour l'ouïe, on recourt en général (sauf pour les bruits impulsifs très forts) à l'exposition annuelle. Même pour des expositions brèves au bruit, il peut être recommandé de porter des protecteurs d'ouïe. La Suva se fonde sur le niveau d'exposition quotidien pour ces recommandations.

6.1.4 Aide pour la détermination du niveau d'exposition au bruit L_{EX}

Il n'est pas toujours facile d'estimer la durée annuelle des différentes expositions au bruit. En général, c'est plus facile et plus fiable pour la durée d'exposition hebdomadaire. Lorsqu'il s'agit d'expositions au bruit saisonnières (par exemple utilisation d'un souffleur de feuilles en automne, machines de récolte), il faut en tenir compte en fonction de leur importance.

La Suva a élaboré divers documents d'aide au calcul simple du niveau d'exposition au bruit. Elle met ainsi à disposition des feuilles de calcul sur son site Internet (www.suva.ch/bruit) permettant le calcul automatique du niveau d'exposition au bruit, en fonction du niveau de pression acoustique continu mesuré L_{eq} et des temps d'exposition saisis.

Une autre méthode de calcul du niveau d'exposition au bruit est celle des unités de bruit, présentée brièvement ci-après. La Suva a édité un document sur cette méthode (www.suva.ch/waswo/86173).

La méthode des unités de bruit se fonde sur le tableau des unités de bruit (tableau 19): on a attribué à chaque niveau sonore L (L_{eq} ou L_{EX}) un nombre d'unités de bruit particulier par heure (voir aussi formule 19). Comme il s'agit pour les unités de bruit d'une progression linéaire (contrairement aux niveaux sonores), il est possible d'additionner et de multiplier ces unités sans difficulté.

$$Pt. = 10^{0,1 \cdot (L_{eq} - 80)}$$

Formule 19

Il est ainsi possible de déterminer, sur la base de L_{eq} , le nombre d'unités de bruit pour chaque phase de travail. En multipliant ce nombre par le temps d'exposition hebdomadaire, on obtient les unités hebdomadaires de l'activité correspondante.

Lieux, machines, activités	L _{eq} dB(A)	Unités/h [A]	h/sem. [B]	Unités/sem. [A·B]
Meuleuse d'angle	95	32	2	64
Tronçonneuse	100	100	0,1	10
Travaux de soudage	86	4	2	8
Montage	80	1	15	15
Usinage mécanique	83	2	10	20
Bruit de fond (production)	86	4	10	40
Total d'unités de bruit				157

Tableau 20: exposition au bruit d'un mécanicien de maintenance.

Le total d'unités pour toutes les activités permet d'évaluer l'exposition au bruit par semaine. En le divisant par 40 (durée hebdomadaire du temps de travail), on obtient un nombre moyen d'unités par heure pour une semaine de travail. Lorsqu'on convertit cette valeur moyenne d'unités de bruit au moyen du tableau 19 en niveau sonore, le résultat obtenu correspond au niveau d'exposition au bruit L_{EX} pour l'activité concernée.

Pour calculer le niveau d'exposition quotidien, il convient de procéder de la même manière, en tenant compte de la durée (un ou plusieurs jours de travail bruyants types).

6.1.5 Exemples de calcul

Exemple 1: mécanicien de maintenance

Niveau de pression acoustique L_{eq} et temps d'exposition hebdomadaire pour un mécanicien de maintenance travaillant dans une entreprise d'agro-alimentaire (tableau 20):

Nombre moyen d'unités de bruit par heure:
 157 unités/semaine : 40 h / semaine =
 4 unités/h
 d'où L_{EX} d'après tableau 19:
 4 unités/h → L_{EX} = 86 dB(A)

L	Unités
<80	0
80	1
81	1.3
82	1.6
83	2
84	2.5
85	3
86	4
87	5
88	6
89	8
90	10
91	13
92	16
93	20
94	25
95	32
96	40
97	50
98	63
99	80
100	100
101	125
102	160
103	200
104	250
105	315
106	400
107	500
108	630
109	800
110	1000

Tableau 19: niveaux sonores et unités de bruit correspondants.

On obtient le même résultat avec la formule 16 (voir formule 20).

$$L_{EX} = 10 \cdot \lg \left[\frac{2}{40} \cdot 10^{0,1 \cdot 95} + \frac{0,1}{40} \cdot 10^{0,1 \cdot 100} + \frac{2}{40} \cdot 10^{0,1 \cdot 86} + \frac{15}{40} \cdot 10^{0,1 \cdot 80} + \frac{10}{40} \cdot 10^{0,1 \cdot 83} + \frac{10}{40} \cdot 10^{0,1 \cdot 86} \right] = 86 \text{ dB(A)}$$

Formule 20

Si l'on compare ce résultat avec les valeurs limites mentionnées au point 4.7, on s'aperçoit que ce mécanicien de maintenance est exposé à un niveau sonore dépassant la valeur limite. Son employeur doit prendre les mesures M2 (voir point 4.7.3).

Exemple 2: concierge de bâtiment scolaire

Un concierge de bâtiment scolaire est exposé aux bruits suivants: aspirateur 6 h par semaine, tondeuse 4 h en continu par semaine pendant le semestre d'été, réparations simples 2 h par mois, nettoyage de la cour avec un souffleur de feuilles à l'automne 3 h pendant 6 jours. Deux heures par mois équivalent à une exposition hebdomadaire de 0,5 h; $6 \times 3 = 18$ h par an soit une exposition hebdomadaire de 18 h par an $\div 50$ semaines par an = 0,36 h/semaine.

Nombre moyen d'unités de bruit par heure:
 $36 \text{ unités/semaine} : 40 \text{ h/semaine} = 0,9 \text{ unités/h}$
 d'où L_{EX} d'après tableau 19:
 $0,9 \text{ unités/h} \rightarrow L_{EX} = 80 \text{ dB(A)}$

Le niveau d'exposition annuel au bruit de ce concierge de bâtiment scolaire est inférieur à la valeur limite. Il n'a pas droit à un examen auditif dans un audiomobile de la Suva. Il n'est pas nécessaire de prendre les mesures M2. On peut se demander si les mesures M1 sont utiles et si le concierge devrait porter des protecteurs d'ouïe lorsqu'il nettoie la cour avec le souffleur de feuilles ou lorsqu'il tond le gazon. Voici le calcul du niveau d'exposition quotidien $L_{EX,8h}$ pour une journée de travail avec la tondeuse:

Nombre moyen d'unités de bruit par heure:
 $40 \text{ unités/j} : 8 \text{ h/j} = 5 \text{ unités/h}$
 d'où L_{EX} d'après tableau 19:
 $5 \text{ unités/h} \rightarrow L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$

Lieux, machines, activités	L_{eq} dB(A)	Unités/h [A]	h/sem. [B]	Unités/sem. [A x B]
Aspirateur	80	1	6	6
Tondeuse à gazon	90	10	2	20
Réparations	83	2	0,5	1
Souffleur de feuilles	94	25	0,36	9
Total d'unités de bruit				36,0

Tableau 21: exposition au bruit d'un concierge de bâtiment scolaire.

Lieux, machines, activités	L_{eq} dB(A)	Unités/h [A]	h/jour [B]	Unités/jour [A x B]
Tondeuse à gazon	90	10	4	40
Total d'unités de bruit pour cette journée de travail				40

Tableau 22: calcul du niveau d'exposition quotidien $L_{EX,8h}$ pour la tondeuse.



Figure 62: le port de protecteurs d'ouïe est-il nécessaire lors de l'utilisation du souffleur de feuilles?

Le niveau d'exposition quotidien $L_{EX,8h}$ est supérieur à la valeur limite de 85 dB(A). L'employeur est donc tenu de prendre les mesures M1 et le concierge doit porter des protecteurs d'ouïe lorsqu'il nettoie la cour avec le souffleur de feuilles. Il en va de même lors du ramassage des feuilles à l'automne, car $L_{EX,8h} = 90 \text{ dB(A)}$.

Source de bruit, événement sonore	Valeurs mesurées		Conséquences		
	L_{peak} dB(C)	L_E dB(A)	Mesures techniques	Examen auditif Audiomobile	
Fixateur de boulons avec silencieux intégré	132	100	–	–	
Pistolet de policier	1 coup tiré	160	117	M1	–
Pistolet de policier (exercice de tirs)	20 coups tirés	160	130	M2	droit à un examen
Fusil d'assaut 90	1 coup tiré	162	122	M2	droit à un examen
Fusil d'assaut 57	1 coup tiré	168	129	M2	examen obligatoire
Fusil d'assaut 57 (exercice de tir)	40 coups tirés	168	145	M2	examen obligatoire

Tableau 23: appréciation de bruits impulsifs.

6.2 Appréciation de l'exposition au bruit impulsif

6.2.1 Bases d'appréciation

Comme indiqué au point 3.5, de fortes détonations peuvent entraîner des lésions auditives immédiates. Il est donc nécessaire d'analyser de façon spécifique, au moyen du niveau d'exposition acoustique L_E les détonations, les explosions, etc. dont le niveau de crête dépasse 135 dB(C).

Les mesures à prendre a posteriori figurent au point 4.7.2. Lorsqu'il y a en même temps un bruit impulsif et un bruit continu dangereux pour l'ouïe, le risque de lésion auditive est élevé et il faut ajouter à L_E une marge de sécurité supplémentaire de 10 dB pour le bruit impulsif.

6.2.2 Détermination des grandeurs d'appréciation

On peut utiliser des sonomètres et des microphones courants pour mesurer des niveaux de pression acoustique de crête L_{Peak} jusqu'à 140 dB(C). Pour des niveaux de crête supérieurs, des microphones spéciaux (présentant une sensibilité réduite) sont nécessaires. Ils ne sont cependant pas compatibles avec tous les sonomètres disponibles (voir point 5.2).

On détermine le niveau d'exposition acoustique L_E soit par des mesures directes (aussi d'événements sonores se succédant) soit par la mesure de chaque événement $L_{E,1}$ et la prise en compte arithmétiquement du nombre d'événements avec la formule 11 (voir point 2.8.2).

L'addition de plusieurs événements dans une mesure continue L_E n'est autorisée que si le bruit de fond est relativement faible. Lorsque la valeur L_E affichée pendant la mesure ne cesse d'augmenter entre les événements, c'est dû à l'influence non autorisée du bruit de fond. Il peut s'avérer nécessaire de mettre le sonomètre sur pause entre les événements.

6.2.3 Utilisation des critères d'appréciation

Le tableau 23 indique pour quelques bruits impulsifs les valeurs mesurées et les conséquences.

6.3 Appréciation des postes de travail

Plusieurs méthodes existent pour l'appréciation du risque de surdité induite par le bruit. La Suva met à disposition des entreprises **différents documents d'aide** et les conseille:

1. appréciation au moyen des tableaux généraux de niveaux sonores (ALT = Allgemeine Lärmtabelle) de la Suva,
2. mesurage par l'entreprise avec un sonomètre lui appartenant ou prêté par la Suva,
3. mesurage par le secteur physique de la Suva.

La première méthode est appropriée en particulier pour les petites et moyennes entreprises pour lesquelles il existe un tableau général Suva des niveaux sonores. Dans de nombreux cas, il peut être possible d'effectuer une appréciation du risque pour l'ouïe aux postes de travail sur la base des ALT.

Pour les entreprises plus grandes ou possédant des postes de travail ou des activités particuliers, il est préférable de faire des mesures (méthodes 2 et 3).

Si vous avez besoin d'un sonomètre ou de faire effectuer des mesures, vous pouvez vous adresser au secteur physique de la Suva (téléphone: 041 419 58 55, e-mail: akustik@suva.ch).

6.3.1 Appréciation du risque au moyen des tableaux généraux de niveaux sonores

De nombreuses branches ont des activités avec des niveaux d'exposition au bruit types. Les données de plusieurs mesures individuelles ont été rassemblées dans des tableaux selon les branches (ALT). Ils indiquent les niveaux d'exposition au bruit pour des activités et des postes de travail standard propres à une branche et les mesures à prendre. Grâce à ces tableaux, les entreprises peuvent évaluer elles-mêmes le niveau sonore à leurs postes de travail, le risque de lésions auditives pour leur personnel et les mesures de

prévention nécessaires. Comme indiqué au point 6.1.2, il est également possible de calculer le niveau d'exposition au bruit L_{EX} pour des situations et des activités spécifiques au moyen du niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} (voir point 6.5.2) et d'une analyse des temps d'exposition.

La liste des tableaux généraux de niveaux sonores est disponible sur le site Internet de la Suva sous www.suva.ch/waswo-f/86005. Il est possible de consulter, imprimer et commander les ALT sur le site Internet de la Suva sous www.suva.ch/waswo-f.

Si vous avez des questions relatives à l'utilisation d'ALT ou si toutes les situations sonores de l'entreprise ne se retrouvent pas dans les ALT, n'hésitez pas à contacter les spécialistes du secteur physique de la Suva.

6.3.2 Mesurage par l'entreprise

Grâce aux importants progrès des appareils de mesure du bruit, il est relativement simple à présent de mesurer le niveau sonore. L'utilisation simplifiée des nouveaux appareils facilite également les mesures effectuées directement par les entreprises. Il peut maintenant s'avérer intéressant pour les grandes et moyennes entreprises de procéder elles-mêmes à des mesures du bruit pour évaluer une situation sonore en particulier ou contrôler l'efficacité des mesures prises de lutte contre le bruit.

La Suva met à la disposition des entreprises des sonomètres intégrateurs simples pour des mesures occasionnelles et une évaluation de la situation. Elle propose aussi divers cours sur la lutte antibruit et le mesurage du bruit. Une liste actualisée de ces cours figure sur le site Internet de la Suva sous www.suva.ch/cours.

Des informations détaillées relatives aux méthodes de mesure du bruit et aux procédures à suivre sont disponibles au point 5.

6.3.3 Mesurage effectué par la Suva dans des entreprises

La Suva effectue des mesurages dans des entreprises lorsque ces mesures permettent de collecter de nouvelles connaissances utilisables par d'autres entreprises de la branche concernée, de compléter la base de données Suva du bruit ou d'évaluer le niveau sonore à des postes de travail spécifiques. Elle intervient également lorsque des méthodes de mesure particulières sont nécessaires en raison de caractéristiques propres à l'entreprise (mesurage d'événements impulsifs tels que tirs, détonations; mesures de longue durée; ultrasons). Mais ces visites d'entreprise servent principalement à contrôler l'application des mesures de protection contre le bruit dans l'entreprise (système de sécurité).

Les spécialistes du secteur physique de la Suva effectuent des mesures tous les ans dans 300 à 500 entreprises. Ces dernières reçoivent ensuite un rapport de mesure détaillé fournissant le résultat de tous les mesurages et les mesures à prendre selon les activités et les postes de travail concernés. Les données récoltées sur le niveau sonore des différents postes de travail et machines sont aussi archivées dans la base de données Suva du bruit. Elles permettent de vérifier annuellement les ALT et de les actualiser si nécessaire. Ainsi, on s'assure que les ALT contiennent bien toutes les éventuelles modifications du niveau sonore consécutives à des changements dans les processus de production ou à des avancées techniques.

6.4 Rapport de mesure portant sur les mesurages effectués dans une entreprise précise

Le rapport de mesure contient le résultat de tous les mesurages, une analyse du risque pour l'ouïe dû au bruit selon les activités et indique les mesures à prendre. On y trouve aussi des renseignements importants en vue d'un examen auditif ultérieur dans un audiomobile de la Suva pour le personnel exposé professionnellement au bruit. Le tableau avec le résultat des mesures comprend une **évaluation** succincte **selon les activités** et les **résultats** détaillés **des mesurages** effectués sur place.

Il est indiqué pour chaque mesure le point de mesure (division, machine, activité), la fourchette de valeurs du niveau sonore (L_{\min} - L_{\max}) et le niveau de pression acoustique continu équivalent (L_{eq}). Lorsque les personnes concernées ne sont pas exposées en permanence au bruit examiné, on évalue la durée d'exposition (Exp.). Exprimée en pourcentage, elle sert à calculer le niveau d'exposition au bruit L_{EX} .

Lors de l'évaluation en fonction des activités, on indique soit un niveau du bruit de fond (GP) d'un local ou d'une division soit un niveau d'exposition au bruit pour différentes activités. On entend par niveau du bruit de fond le niveau sonore général d'un local ou d'une zone de travail non proche d'une machine (pour être plus technique, on dirait hors du champ acoustique direct des machines, c'est-à-dire dans le champ sonore diffus). Cette donnée sert à indiquer l'exposition sonore de personnes se trouvant par intermittence dans la zone dangereuse (agents de maintenance ou de contrôle, chefs d'équipe, contremaîtres, transporteurs) et étant exposées indirectement à des sources sonores particulières.

Appréciation en fonction de l'activité

Activité, division (nombre de personnes)	N°	GP L _{eq} dB(A)	L _{EX} dB(A)	M	Aud	Code Suva		
						LQC	BC	
Imprimerie								
Imprimeur de formulaires (10)	5.1	81	89	2	A	4918.09	27201120	
Personnel traitement ultérieur (12)	5.2		85	2	(A)	4918.09	99990023	
Fabrication de bloc-notes								
Personnel machine à ligner (7)	5.4		87	2	(A)	4741.09	99990023	
Personnel machines bloc-notes (3)	5.5		85	2	(A)	4742.09	99990023	
Entretien								
Mécanicien (1)	5.6		83	1	-	9034.68	25401015	
Electricien (1)	5.7		80	-	-	9034.08	23210027	

Mesurage

Lieu, division, machine, activité	Remarques	L _{min} -L _{max} dB(A)	L _{eq} dB(A)	Exp. %	L _{EX} dB(A)
Imprimerie					
Imprimante de formulaires 334					
Processing		87-90	88	25	
Imprimantes		86-91	89	75	89
Imprimante de formulaires 333					
Poste de commande		88-89	89	90	
Imprimantes		85-92	87	20	89
Traitement ultérieur de l'impression					
Machine 422 HPF					
Sortie		83-88	85	90	
Bruit de fond	GP	80-83	81	10	85
Fabrication de bloc-notes					
Machine à ligner 328 Bravo		84-92	87	100	87
Machine bloc-notes 520 Bufalo					
Chargement		78-94	86	75	
Sortie		78-89	81	25	85
Entretien					
Mécanicien					
Bruit de fond de la production			85	50	
Travaux de mécanicien			80	50	83

Figure 63: tableau sonore individuel (ILT).

Activité professionnelle	L_{EX}	M	Aud	LQC	BC
Atelier de découpage				1801	
Coupeur	90	2	A	1352.5	99990022
Forge				1809	
Forgeron	95	2	A	1814.9	25305004
Atelier de pliage				1353	
Chanfreineur	86	2	(A)	1087.8	25304025
Atelier d'estampage				1083	
Régleur	86	2	(A)	1085.3	25209033
Estampeur	90	2	A	1085.1	25209003
Usinage mécanique				2008	
Mécanicien de machines	80	-	-	2535.9	25403028
Atelier de serrurerie				1215	
Serrurier	95	2	A	1431.9	25308047
Atelier de soudage				1220	
Soudeur par points	83	1	-	1111.9	25301045
Soudeur sans outils à main	86	2	(A)	1105.2	25301015
Soudeur avec outils à main	95	2	A	1106.9	25301015
Atelier de ferblanterie				1225	
Ferblantier	86	2	(A)	1251.9	23206002
Construction d'appareils				1349	
Soudeur	90	2	A	1360.9	25301015
Serrurier	95	2	A	1351.9	25303009

Figure 64: tableau général des niveaux sonores: serrurerie, construction métallique, grosse chaudronnerie (réf. Suva 86238); niveau d'exposition au bruit L_{EX} selon les activités.

Les niveaux d'exposition au bruit indiqués L_{EX} constituent des valeurs très importantes de mesure du bruit. On peut en déduire directement les mesures nécessaires pour les postes de travail et/ou le personnel concerné (colonne **M**). La colonne **Aud** informe si le personnel chargé de l'activité en question a le droit ou doit se faire examiner dans un audiomobile de la Suva.

Les codes figurant dans les deux dernières colonnes concernent les postes de travail et la profession. Ils sont utilisés en interne par la Suva.

6.5 Tableaux généraux des niveaux sonores

Contrairement au rapport de mesure, les tableaux généraux des niveaux sonores (ALT = Allgemeine Lärmtabelle) se limitent à indiquer l'évaluation du bruit selon diverses activités. Ils ne fournissent pas des informations détaillées sur chaque source sonore à laquelle expose une activité déterminée. Ils se composent de deux parties: l'une avec le niveau d'exposition au bruit L_{EX} pour diverses activités, l'autre avec le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} pour des postes de travail et des machines spécifiques de la branche concernée.

6.5.1 Niveau d'exposition au bruit selon les activités

Outre la description des postes de travail en français, allemand et italien, figurent aussi dans les ALT le niveau d'exposition au bruit L_{EX} du poste de travail examiné et les mesures **M** à prendre (voir point 4.7.3). La colonne **Aud** indique si les personnes effectuant principalement ou exclusivement l'activité concernée ont droit ou doivent se faire examiner dans un audiomobile de la Suva (tableau 24). Les colonnes LQC et BC sont à usage interne de la Suva (figure 64).

Les niveaux d'exposition au bruit L_{EX} indiqués se fondent sur les mesures effectuées par la Suva dans un grand nombre d'entreprises et englobent les expositions sonores et les durées d'exposition courantes dans un niveau d'exposition annuel L_{EX} . Les valeurs sont rangées dans des classes bornées pour en faciliter la lecture (<80, 80, 83, 86 dB(A); à partir de 90 dB(A): progression des classes de 5 dB(A)). Il existe des entreprises pour lesquelles ces valeurs générales ne s'appliquent pas. Il est donc toujours recommandé de comparer les valeurs des ALT avec la situation de l'entreprise.

Lieu, Département, Machines	L _{eq} dB (A)		LQC	BC
	GP	AP		
Dépôt de matériaux -----	75		9120.1	46103002

Atelier de découpage -----	83		1352	
Scies circulaires à métaux pour l'acier		83	1016.3	99990022
Scies circulaires à métaux pour le métal léger		95	1016.4	99990022
Scies à archet à métaux		80	1012	99990022
Tronçonneuses à disque		100	1020	99990022
Cisailles à guillotine > 8 mm		90	1097.5	99990022
Postes d'oxycoupage		90	1093.1	99990022

Forge =====	90		1810.01	
Forgeage à la main		95	1814	25305004
Marteaux-pilons		100	1815.11	25305004
Presses à forger		95	1816	25305004

Figure 65: tableau général des niveaux sonores: serrurerie, construction métallique, grosse chaudronnerie (réf. Suva 86238); niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} pour diverses machines, activités et zones de travail.

6.5.2 Niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}

La seconde partie des tableaux généraux des niveaux sonores (figure 65) recense les niveaux de pression acoustique continu équivalents L_{eq} pour diverses sources sonores et des zones de travail courantes, sous forme soit de niveaux du bruit de fond dans le local (GP) hors du champ sonore direct de machines (voir point 6.4) soit de niveaux sonores de postes de travail AP à proximité de machines et d'autres sources de bruit. Cette partie contient aussi les colonnes LQC et BC, à usage interne de la Suva.

Les niveaux de pression acoustique continu équivalents L_{eq} peuvent servir à une appréciation du risque d'activités pour lesquelles le tableau général des niveaux sonores ne mentionne aucun niveau d'exposition au bruit L_{EX}, pour pouvoir comparer ces valeurs à la situation de l'entreprise. Il est indiqué au point 6.1 comment effectuer ces calculs.

A	examen de l'ouïe obligatoire
(A)	droit à un examen de l'ouïe
-	pas de droit à un examen de l'ouïe

Tableau 24: signification des abréviations de la colonne Aud.

7 Mesures techniques de lutte contre le bruit

7.1 Bases légales

Les bases légales des mesures techniques de lutte contre le bruit sont décrites en détail au point 4.2. L'article 34 de l'OPA sur le bruit et les vibrations y tient une place importante. Un outil permettant de satisfaire efficacement aux exigences de l'OPA a été créé avec la directive CFST 6508 relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail. L'objectif visé est le renforcement de l'engagement en faveur de la sécurité au travail et de la place de la lutte contre le bruit. Il faut respecter le principe de proportionnalité lors du choix des mesures (art. 82, alinéa 1 de l'OPA).

7.2 Principes de la lutte contre le bruit

Le bruit aux postes de travail est causé principalement par des machines et installations. La meilleure façon de limiter le bruit est donc de prendre des mesures techniques pour réduire le bruit à sa source. Il est nécessaire de vérifier si les mesures envisagées n'auront pas d'effets négatifs comme la baisse de rendement de machines ou l'apparition de dangers supplémentaires.

Il est recommandé et est très fréquent que les entreprises fassent appel à des spécialistes pour résoudre leurs problèmes liés au bruit. Des mesures simples de lutte contre le bruit peuvent être mises en œuvre par des non-spécialistes. En revanche, les mesures techniques exigent en général des connaissances particulières et une certaine expérience. Faire appel à des spécialistes fait partie des mesures à planifier. Une liste des entreprises s'occupant de la lutte contre le bruit, de l'acoustique des locaux et des bâtiments ainsi que de la réduction des vibrations est disponible auprès de la Suva (réf. Suva 86023.f ou www.suva.ch/waswo-f/86023).

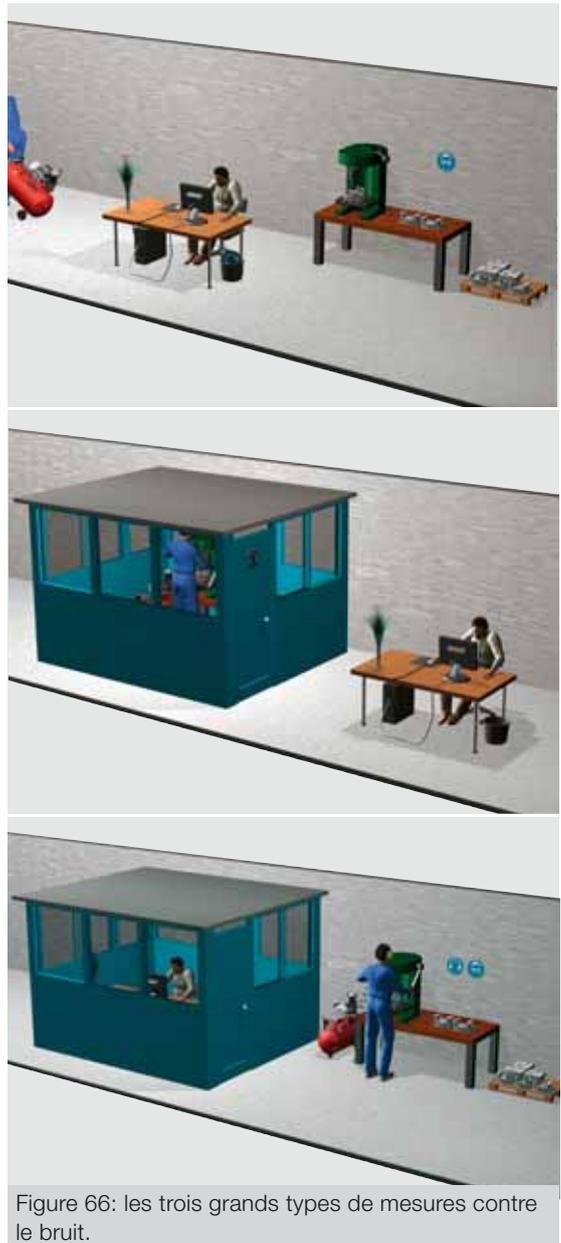


Figure 66: les trois grands types de mesures contre le bruit.

On constate malheureusement souvent encore que beaucoup d'argent est investi dans des mesures contre le bruit peu voire pas efficaces. La lutte contre le bruit doit être planifiée, réfléchiée et ciblée pour être pertinente. Pour ce faire, il est conseillé de recourir aux méthodes éprouvées de résolution des problèmes et à la liste de contrôle Suva «Bruit au poste de travail» (réf. Suva 67009.f ou www.suva.ch/waswo-f/67009).

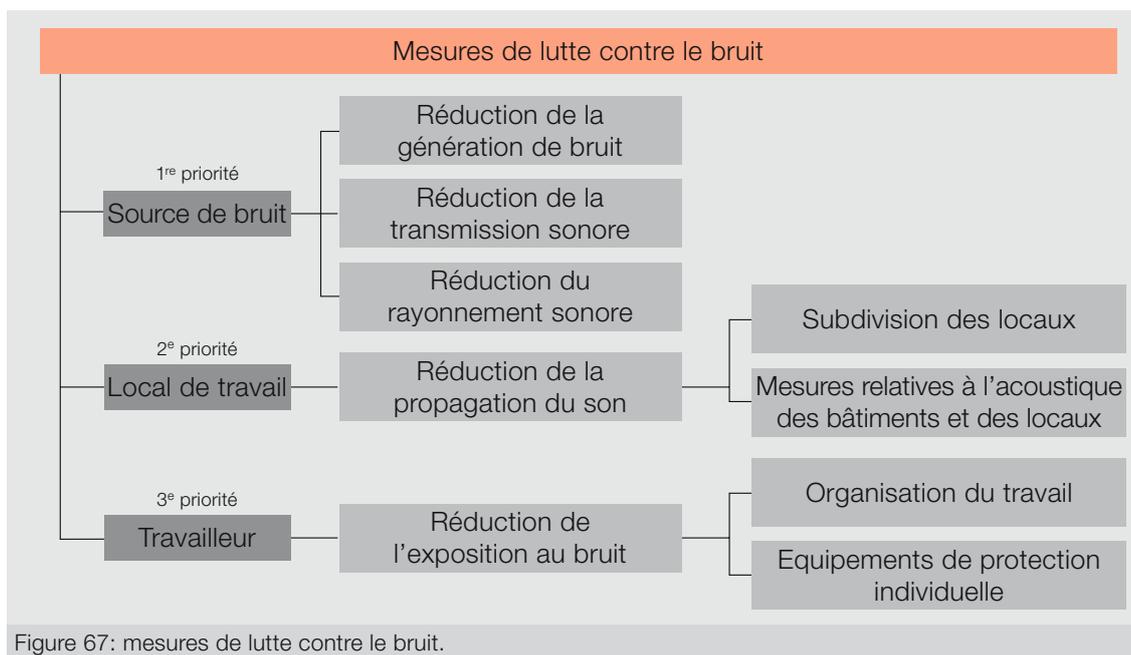


Figure 67: mesures de lutte contre le bruit.

7.3 Mesures techniques de lutte contre le bruit

Il existe trois grands types de mesures techniques de lutte contre le bruit: suppression du bruit à la source, encoffrage de la source sonore ou protection individuelle du personnel exposé (voir figure 66).

Lorsque la situation est complexe, il est recommandé de suivre le parcours du bruit depuis sa source (propagation) pour déterminer les mesures efficaces et réalisables de lutte contre le bruit. Ainsi, on est sûr de trouver la meilleure solution. Les différents types de mesures de lutte contre le bruit sont présentés à la figure 67.

Les priorités 1 à 3 de la figure 67 sont expliquées aux points 7.4 à 7.6 à l'aide d'exemples concrets. La présente brochure ne traite pas en détail de la lutte contre le bruit. Des informations détaillées sont disponibles dans la brochure Suva 66076.f «Lutte contre le bruit dans l'industrie. Un aperçu pour les professionnels».

7.4 Source du bruit: 1^{re} priorité

Les mesures de lutte contre le bruit de cette catégorie sont dites primaires, car elles se fondent sur la réduction du bruit à sa source. Elles sont à choisir en priorité si cela est possible.

7.4.1 Réduction du bruit généré

Il est possible de réduire le bruit généré en utilisant des machines et des procédés de travail moins ou peu bruyants.

La législation (voir point 4) impose aux acheteurs, vendeurs, planificateurs, concepteurs, responsables de production et propriétaires d'entreprise de lutter contre le bruit. Pour être efficace, la lutte contre le bruit nécessite la coopération de ces acteurs.

Il est recommandé de tenir compte, lors de l'achat de nouvelles machines ou installations, du bruit qu'elles peuvent générer. Des machines ou installations moins bruyantes sont parfois plus chères, mais des améliorations acoustiques a posteriori sont souvent onéreuses voire impossibles techniquement. Il vaut donc la peine de comparer le surcoût possible d'une nouvelle machine peu bruyante à celui d'améliorations acoustiques a posteriori sur des machines bruyantes existantes.

Autres mesures permettant de réduire le bruit généré:

- amélioration de la conception, en matière de vibrations, des roulements, mécanismes, châssis, outils, etc.;
- réduction voire suppression des sollicitations extrêmes p. ex. lors de chocs violents, d'accélération et de ralentissements rapides ou à cause de la résistance hydrodynamique lors de vitesses élevées (optimisation de l'évolution temporelle de la force);
- dimensionnement approprié (p. ex. rigidification) et usinage correct (p. ex. équilibrage, polissage des surfaces);
- choix des matériaux adaptés;
- faible résistance hydrodynamique;
- remplacement des procédés bruyants par des procédés plus silencieux (p. ex. utilisation de pistolet à air comprimé peu bruyant);
- entretien régulier (p. ex. en fonction de l'état réel au lieu d'un entretien périodique).

7.4.2 Réduction de la transmission du bruit

La réduction de la transmission du bruit vise à éviter la transmission d'un son solidien à une structure pouvant transmettre à son tour ce son à des surfaces réfléchissantes.

Mesures générales possibles:

- affaiblissement du son solidien, p. ex. par rigidification, montage de tôles sandwich;
- suspension élastique (affaiblissement du son solidien et des vibrations, figure 68);
- dissociation des éléments réfléchissants le bruit, par exemple par l'installation de raccords élastiques (joint de dilatation, figure 69);
- choix de matériaux avec une forte capacité interne à amortir le bruit (p. ex. matériaux composites);
- utilisation de silencieux pour les gaz de purge ou d'évacuation.

7.4.3 Réduction du rayonnement sonore

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter la transmission du son solidien à des surfaces rayonnantes, il convient d'agir sur la capacité de rayonnement de ces surfaces.

Mesures permettant de réduire le rayonnement sonore:

- réduction de la capacité de rayonnement des surfaces, par exemple par renforcement, par l'ajout de revêtement aux surfaces ou l'installation de surfaces perforées (court-circuit acoustique);
- encoffrage partiel des machines (figure 70).



Figure 68: élément en caoutchouc pour la suspension d'un ventilateur.



Figure 69: joints en matière synthétique pour la conduite d'évacuation de l'air d'une unité de fabrication.



Figure 70: encoffrage partiel d'une machine d'impression de tubes (200 tubes/min); on mesure à 1 m de distance encore un niveau sonore de 77 dB(A).

7.4.4 Encoffrage

L'encoffrage ne constitue pour les acousticiens qu'une **mesure de second ordre**. Il s'agit d'empêcher la diffusion du bruit depuis la machine. Pour de nombreuses machines et installations bruyantes, seul l'encoffrage permet de réduire efficacement le niveau sonore (p. ex. presses automatiques, broyeurs de déchets plastiques, centrale à énergie totale équipée), comme l'illustrent les figures 71 à 74.

La brochure Suva 66026.f «Des enceintes pour lutter contre le bruit» fournit des informations détaillées pour la planification et la conception d'encoffrages.

Il arrive que des installations à encoffrer soient trop grosses (par exemple presses à imprimer, trains de laminage, machines papetières). Dans ce cas, on construit à la place une cabine protégeant acoustiquement les opérateurs du bruit émis (figure 75).



Figure 71: encoffrage d'un broyeur de déchets plastiques. Le niveau sonore a baissé d'environ 12 dB(A).

7.4.5 Manutention

Les mesures de lutte contre le bruit lors de la manutention de matériaux ne peuvent pas être classées systématiquement selon les points 7.4.1 à 7.4.3. Les mesures de réduction du niveau sonore agissent selon les cas sur le niveau généré (p. ex. réduction de la hauteur de chute) ou sur le rayonnement sonore (p. ex. utilisation de tôles perforées).



Figure 72: encoffrage d'une machine fabriquant des boîtes de conserve. Le niveau sonore sur la partie externe de la machine a été réduit à 82 dB(A).



Figure 74: rectifieuse plane totalement encoffrée. Le niveau sonore a baissé de 17 dB(A).



Figure 73: rotative à la plieuse encoffrée. Le niveau sonore est réduit de 98 à 84 dB(A).



Figure 75: local de commande d'une machine à papier. Le bruit de fond dans le local de commande s'élève à 65 dB(A), contre 90 dB(A) à l'extérieur du local.

En général, la manutention à l'intérieur de l'entreprise ne produit aucun bruit dépassant la limite pour le bruit dangereux pour l'ouïe. Ce bruit peut cependant s'avérer gênant, notamment lorsque le bruit lié à la fabrication, par exemple dans une division de montage, est relativement faible. Il est possible de réduire efficacement cette source de bruit en utilisant des équipements modernes.

Pour une manutention peu bruyante, il faut tenir compte des deux éléments suivants:

1. Réduire la hauteur de chute aux points de réception:

- pour les robots: utiliser des récipients ou des plans inclinés réglables en hauteur;
- pour les appareils de remplissage: prévoir dans tous les cas pour les petites pièces une chute par étape.

2. Amortir les surfaces d'impact:

- éviter le contact direct des produits manutentionnés avec la tôle grâce à l'installation d'un revêtement en caoutchouc;
- éviter la propagation du bruit en augmentant les propriétés amortissantes des matériaux (p. ex. tôles de la rampe, tôles composite);
- éviter le rayonnement sonore grâce à l'utilisation de tôles perforées.

7.5 Local de travail: 2^e priorité

7.5.1 Subdivision spatiale

Lors de la planification de locaux de fabrication, il est important de ne pas oublier le principe de subdivision spatiale:

- limitation de la propagation du son, par exemple, grâce à la subdivision des locaux ou l'installation de parois de séparation (figures 76 et 77);
- concentration spatiale des sources de bruit.

Les déchets de plastique sont acheminés par la bande transporteuse (figure 76) dans le broyeur au sous-sol (figure 77). Le niveau sonore s'élève à environ 100 dB(A) à proximité du broyeur et à environ 80 dB(A) près de la bande transporteuse.

7.5.2 Mesures d'acoustique

Les **mesures d'acoustique architecturale** dans l'industrie concernent principalement l'amélioration des propriétés isolantes des plafonds, murs, portes et fenêtres. Il faut tenir



Figure 76: bande transporteuse d'un broyeur de déchets de plastique.



Figure 77: broyeur de déchets de plastique dans un local séparé.

compte en la matière de la différence entre le niveau sonore des salles bruyantes et celui exigé pour les locaux peu bruyants (voir point 4.8).

On entend par **mesures d'acoustique des salles** toutes les mesures permettant à la fois de réduire ou de modifier les réflexions et la diffusion directe du bruit dans un même local.

La lutte contre le bruit aux postes de travail porte sur le bruit direct (bruit du poste de travail ou de la machine en question), sur les réflexions et sur le bruit provenant d'autres sources de bruit dans le local.

Les mesures d'acoustique (p. ex. plafonds absorbants) réduisent les réflexions. Avec des conditions acoustiques optimales, le niveau du bruit de fond d'un local peut être fortement réduit. En l'absence de toute surface délimitant le local (par exemple à l'extérieur), le niveau sonore baisse de 6 dB par doublement de la distance par rapport à la source. Dans un local réverbérant, cette valeur est comprise entre 1 à 2 dB. Elle est d'au minimum 4 dB dans un local optimisé sur le plan acoustique. On utilise pour déterminer cette valeur la courbe de propagation du son SAK et on détermine DL2 en décibels. Cette procédure, normalisée au niveau international (EN ISO 11690-3), indique l'importance de la réduction du niveau sonore par doublement de la distance par rapport à une source ponctuelle.

Un plafond acoustique n'entraîne qu'une faible réduction du niveau sonore à proximité des sources. Plus on s'éloigne de ces sources, plus la réduction du niveau sonore est importante. Il existe des programmes informatiques permettant de calculer la diffusion du son dans des locaux de travail. Ils tiennent compte du niveau de puissance acoustique de chaque machine et des propriétés acoustiques des surfaces délimitant les locaux (par exemple plafond acoustique). La figure 78 montre le résultat d'un tel calcul.

Interprétation de la figure 78

- Sans plafond acoustique, le niveau sonore dans tout le local s'élève à 92–97 dB(A). Même dans la partie droite du local, on mesure plus de 90 dB(A) en l'absence de bruit généré dans cette partie.
- Avec le plafond acoustique, le niveau sonore à proximité des sources oscille toujours entre 90 et 95 dB(A). Dans la partie droite, il n'est plus que de 80 à 85 dB(A), soit une réduction allant jusqu'à 11 dB(A).

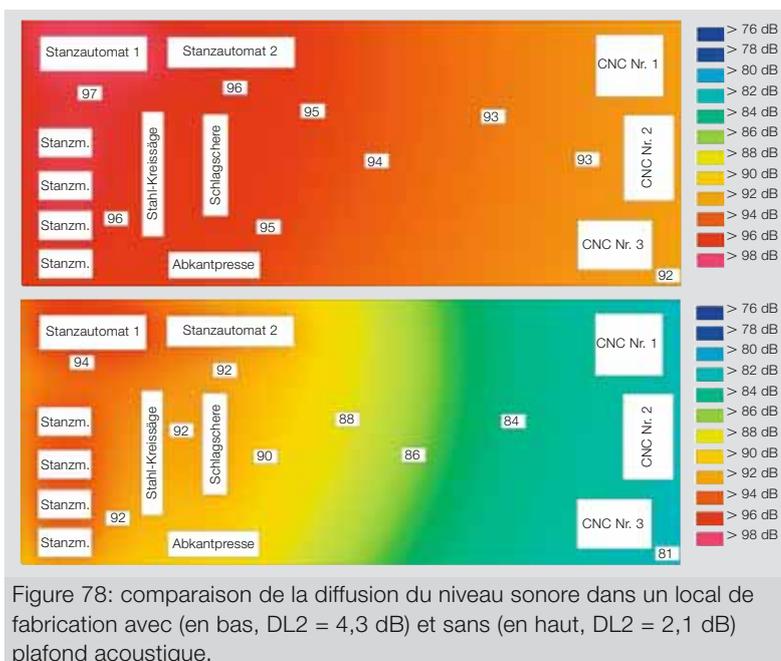


Figure 79: local de fabrication courant: structure métallique avec tôle profilée, sans plafond acoustique efficace. Ce local est très réverbérant. Le bruit des machines est très gênant dans tout le local.



Figure 80: plafond acoustique dans un atelier de soudage d'aluminium.



Figure 81: plafond acoustique dans une halle de remplissage de bouteilles. Les panneaux acoustiques utilisés («baffles») sont en fibres minérales.

Les mesures acoustiques améliorent vraiment la qualité des postes de travail. On construit toujours des locaux de production avec des matériaux absorbant peu le bruit et ne respectant donc pas les prescriptions minimales en la matière du commentaire de l'ordonnance 4 relative à la loi sur le travail (figure 79). L'utilisation de parois ou de plafonds acoustiques représente l'état de la technique (figures 80 à 82).

Des informations détaillées sur l'acoustique des locaux industriels sont disponibles dans la brochure Suva 66008.f.



Figure 82: plafond acoustique dans une entreprise de l'industrie textile.

7.6 Réduction de l'exposition au bruit: 3^e priorité

7.6.1 Organisation du travail

Il est possible de réduire l'exposition au bruit grâce aux mesures organisationnelles suivantes:

- limitation dans le temps les travaux dans un milieu bruyant;
- rotation fréquente des postes de travail;
- réalisation des travaux bruyants hors des heures de travail de base pour limiter le nombre de travailleurs exposés au bruit.

7.6.2 Equipement de protection individuelle

Lorsqu'il n'est pas possible, par des mesures techniques et organisationnelles, de réduire le niveau sonore à un niveau non dangereux pour l'ouïe, il est nécessaire de protéger le personnel concerné au moyen d'équipements de protection individuelle. L'utilisation de protecteurs d'ouïe et les problèmes que cela entraîne sont traités au point 8.

8 Equipement de protection individuelle

8.1 Port de protecteurs d'ouïe

Lorsque des mesures techniques ne permettent pas de réduire l'exposition au bruit à un niveau non dangereux, le personnel concerné doit porter des protecteurs d'ouïe. Les protecteurs d'ouïe protègent efficacement des lésions auditives induites par le bruit. Ils sont faciles et rapides à utiliser et sont très efficaces.

Porter des protecteurs d'ouïe n'est pas toujours très agréable. Ce type de protection ne doit donc être utilisé qu'en dernier recours pour lutter contre le bruit.

8.2 Information et formation

L'entreprise est tenue d'informer le personnel concerné lorsque son activité professionnelle l'expose à du bruit dangereux pour l'ouïe. Elle doit notamment l'informer sur les points suivants:

- effets du bruit dangereux pour l'ouïe et apparition de lésions auditives, effets d'une lésion auditive dans la vie de tous les jours (voir point 3);
- mesures prises pour lutter contre le bruit, justifications du port obligatoire de protecteurs d'ouïe;
- activités et lieux nécessitant le port de protecteurs d'ouïe (accès, signalisation);
- importance du port correct des protecteurs pour un affaiblissement suffisant du niveau sonore et une protection efficace;
- influence du port systématique dans la prévention des lésions auditives;
- utilisation et entretien des protecteurs d'ouïe, fréquence de leur remplacement (formation pratique);
- distribution et mise à disposition des protecteurs d'ouïe dans l'entreprise;
- avantages et inconvénients des différents types de protecteurs d'ouïe, pertinence pour des activités particulières;
- conséquences du non-respect du port obligatoire;
- participation du personnel au choix des protecteurs d'ouïe.

La formation et les informations à destination du personnel sont à consigner. Il convient également d'indiquer la date, le nom des formateurs et des personnes formées ainsi que les thèmes traités.

Le CD «Audio Demo 3» de la Suva (www.suva.ch/waswo-f/99051) permet de prendre conscience des effets d'une lésion auditive. Il contient notamment divers exemples sonores illustrant les effets d'une lésion auditive sur la perception de la musique et de la parole dans différentes situations.

Rien ne peut remplacer une bonne acuité auditive.

Il ne faut pas oublier que même les appareils auditifs les plus performants ne permettent pas de compenser totalement une perte auditive. En dépit des énormes progrès enregistrés ces dernières années en la matière, les performances d'un appareil auditif n'égalent toujours pas celles de l'oreille humaine saine dans des mauvaises conditions d'audition, par exemple lors d'une conversation avec des bruits de fond dans un restaurant ou d'une vive discussion.

8.3 Choix des protecteurs d'ouïe appropriés

Pour choisir des protecteurs d'ouïe appropriés, il convient de tenir compte des critères suivants:

1. port confortable
2. protecteurs adaptés à l'activité
3. isolation sonore adaptée.

Les deux premiers critères sont essentiels pour garantir le port systématique des protecteurs et donc une protection efficace.

Si l'on prend le cas d'un contremaître dans une entreprise de production qui est exposé plusieurs fois par jour au bruit pendant quel-

ques minutes et qui travaille le reste du temps dans un bureau calme, les coquilles de protection sont idéales, car elles peuvent se mettre et s'enlever rapidement. En revanche, il est préférable que le personnel exposé en permanence au bruit porte des tampons auriculaires, même s'ils demandent un peu plus de temps pour être placés correctement dans le conduit auditif. Il serait très difficile de porter toute la journée des coquilles, notamment en été.

Il ressort de cet exemple combien il est important que le personnel puisse choisir lui-même parmi les différents types de protecteurs d'ouïe ceux le mieux adaptés à ses besoins.

Le tableau 25 permet de connaître la valeur d'isolation acoustique (valeur SNR) recommandée pour être suffisamment protégé à un niveau sonore donné¹⁾. Afin de ne pas amoindrir la communication et la perception des bruits et signaux (sonnerie de téléphone, signaux d'alarme) plus que nécessaire, il est recommandé d'éviter d'utiliser des protecteurs atténuant trop le bruit (surprotection). La valeur SNR des protecteurs figure sur leur emballage ou dans la notice d'instructions les accompagnant.

L_{EX} en dB(A)	Valeur SNR recommandée
< 90	15–20 dB
90–95	20–25 dB
95–100	25–30 dB
100–105	30–35 dB
> 105	Analyse spéciale

Tableau 25: valeur d'isolation acoustique (SNR) recommandée selon le niveau d'exposition au bruit L_{EX} .

¹⁾ Pour une évaluation plus précise, voir la norme EN 458 qui détaille les différents critères de choix.

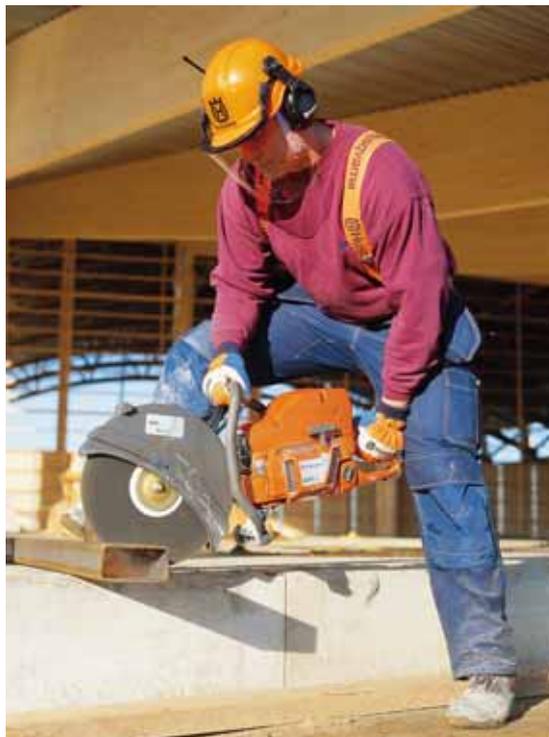


Figure 83: les coquilles de protection peuvent se mettre rapidement. Elles sont donc idéales pour les expositions brèves au bruit.

Avec un niveau d'exposition L_{EX} jusqu'à 90 dB(A), des protecteurs d'ouïe avec une valeur SNR de 15 à 20 dB suffisent. Comme les protecteurs d'ouïe doivent présenter une valeur SNR minimale de 15 dB, il est possible de choisir librement parmi le large éventail de protecteurs d'ouïe dans cette gamme de niveau sonore. Il est déconseillé d'utiliser dans ce cas des protecteurs avec une valeur SNR supérieure à 25 dB, car ils isolent trop du monde environnant (surprotection).

Avec un niveau d'exposition L_{EX} dépassant largement 100 dB(A), il est nécessaire de faire appel à des spécialistes de la sécurité au travail pour une analyse spéciale. Il en va de même pour les expositions à un bruit à basse fréquence très fort [L_{Ceq} supérieur à 105 dB(C)], tels que fours électriques de fusion, grands moteurs Diesel, convoyeurs à vibration ou compresseurs.

Selon les calculs de la Suva (figure 84), sur les environ 200 000 personnes exposées professionnellement au bruit en Suisse, 85 % sont exposées à des niveaux sonores compris entre 85 et 92 dB(A). Ces personnes peuvent se protéger efficacement en utilisant des protecteurs d'ouïe présentant une valeur SNR entre 15 et 20 dB.

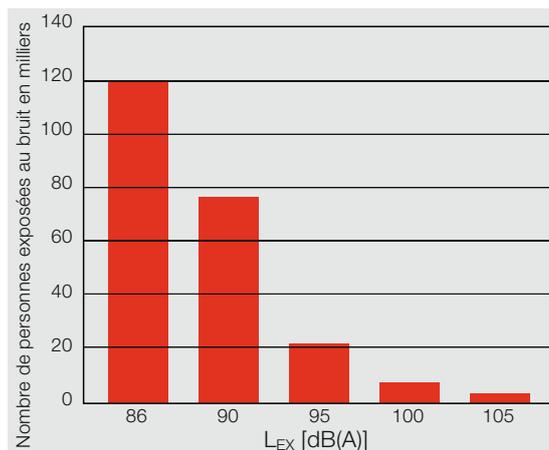


Figure 84: nombre estimé de personnes exposées professionnellement à un niveau sonore déterminé.

Seuls 15 % de ces personnes sont exposées professionnellement à des niveaux sonores égaux ou supérieurs à 93 dB(A). Elles doivent porter des protecteurs d'ouïe avec une valeur d'atténuation plus élevée. Une faible partie de ces personnes a besoin de protecteurs avec une isolation particulière, à savoir celles exposées à des niveaux sonores très élevés ou à du bruit à basse fréquence (figure 85).

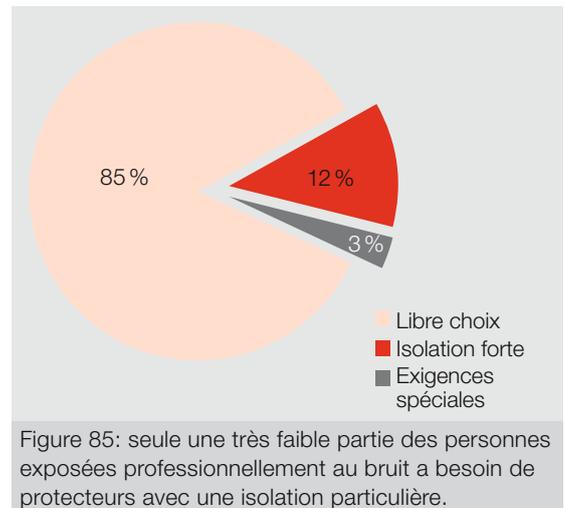


Figure 85: seule une très faible partie des personnes exposées professionnellement au bruit a besoin de protecteurs avec une isolation particulière.

8.4 Utilisation systématique et correcte

Des protecteurs adaptés à l'activité et confortables ne protègent efficacement que s'ils sont utilisés systématiquement et correctement.

Des études ont montré que l'isolation efficace des tampons auriculaires est inférieure de 5 à 10 dB en pratique lorsqu'ils ne sont pas placés assez profondément dans le conduit auditif. Il est essentiel que les protecteurs d'ouïe soient utilisés conformément aux indications du fabricant (mode d'emploi).

Protecteurs d'ouïe SNR	Isolation efficace	Durée avec protecteurs d'ouïe						
		100 %	99 %	95 %	90 %	75 %	50 %	25 %
30 dB	25 dB	69	75	81	84	88	91	93
20 dB	15 dB	79	80	83	85	88	91	93
15 dB	10 dB	84	84	86	87	89	91	93

Tableau 26: réduction de la protection lorsque les protecteurs d'ouïe ne sont portés que pendant une partie de l'exposition au bruit [$L_{EX} = 94$ dB(A)].

Lorsque des protecteurs d'ouïe ne sont portés que pendant une partie de l'exposition au bruit, la protection diminue fortement et la sollicitation de l'ouïe atteint rapidement un niveau dangereux. Le tableau 26 indique les effets du port de protecteurs avec diverses valeurs SNR uniquement pendant une partie de l'exposition à un niveau sonore L_{EX} de 94 dB(A)¹⁾.

Il faut porter des protecteurs d'ouïe fortement isolant avec une valeur SNR de 30 dB pendant 90 % de l'exposition au bruit pour être suffisamment protégé. Avec des protecteurs faiblement isolant présentant une valeur SNR de 15 dB, il faut les porter pendant 99 % de l'exposition au bruit afin que l'exposition de l'ouïe restante ne dépasse pas la valeur limite. Comme il est difficile de satisfaire à cette exigence, il est recommandé de porter des protecteurs avec une valeur SNR de 20 dB pour une exposition au bruit L_{EX} de 94 dB(A) (voir tableau 25). Ainsi, une protection suffisante est garantie, même dans des conditions peu favorables.

Ces exemples confirment l'importance du port systématique et correct des protecteurs d'ouïe.

8.5 Perception des signaux avec protecteurs d'ouïe

Lorsqu'on porte des protecteurs d'ouïe, on perçoit tous les bruits d'une façon atténuée. Le spectre des fréquences des divers bruits ne change que faiblement. Les protecteurs d'ouïe n'empêchent pas de distinguer différents bruits ou de percevoir des modifications d'un son composé, mais il faut parfois plusieurs semaines pour s'y habituer.

Des signaux acoustiques (sonnerie de téléphone, klaxon, appels) ne peuvent être perçus que s'ils présentent, dans la bande de fréquence donnée, un niveau sonore supérieur de 5 à 7 dB au bruit de fond. Le niveau sonore de la parole doit être de 7 à 10 dB plus élevé que le bruit de fond pour qu'on soit sûr de pouvoir comprendre ce qui est dit.

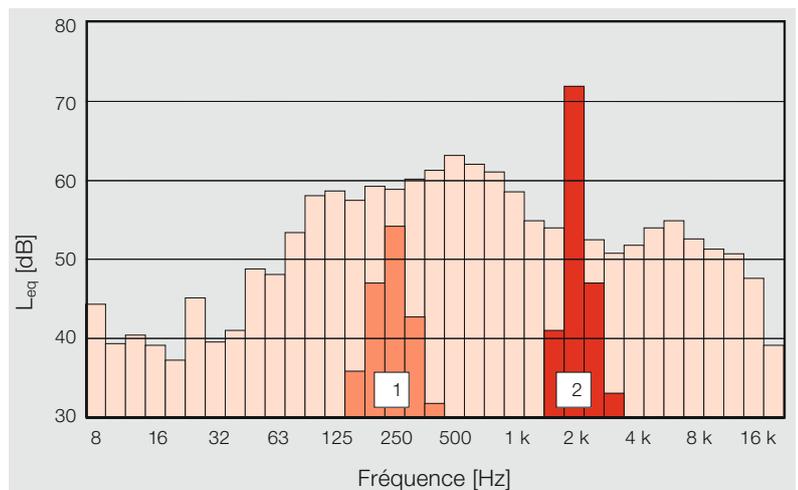


Figure 86: perception de signaux dans un environnement bruyant.

Des deux signaux de la figure 86, seul le signal 2, outre le bruit de fond d'un compresseur alternatif, est audible, car il est dans la bande de fréquence de 2000 Hz presque 20 dB plus fort que le bruit de fond. Le signal 1 n'est pas audible, car il est environ 5 dB plus faible que le bruit du compresseur dans la bande de fréquence de 250 Hz.

¹⁾ Dans cet exemple, les protecteurs ne sont pas utilisés conformément au mode d'emploi, d'où une réduction de leur isolation effective de 5 dB par rapport à leur valeur SNR.

Le port de protecteur d'ouïe n'entraîne aucune modification: seul le signal 2 est audible et le signal 1 est couvert par le bruit de fond. Si un protecteur d'ouïe atténue trop fortement le signal 2 de sorte qu'il soit au-dessous du seuil auditif, il n'est plus possible de percevoir ce signal. C'est pour cette raison qu'un seuil minimal d'audition est prescrit pour les agents de manœuvre et les poseurs de voies pour qu'ils puissent entendre les signaux d'alerte. Il est possible de réduire ce problème grâce à l'utilisation de protecteurs atténuant le son suffisamment mais pas trop.

Les caractéristiques, les avantages et inconvénients des différents types de protecteurs d'ouïe (y compris les protecteurs moulés) sont décrits dans le «Feuillelet d'information sur les protecteurs d'ouïe» de la Suva (www.suva.ch/waswo-f/86610).

La publication «La protection individuelle de l'ouïe», réf. Suva 66096.f fournit des informations détaillées et de base sur les protecteurs d'ouïe. Elle donne aussi des conseils pour réduire les réserves quant au port de protecteurs d'ouïe et pour régler les problèmes en la matière.

Une liste des fournisseurs et une vaste gamme de protecteurs d'ouïe sont disponibles sous www.suva.ch/produits-de-securite.

9 Prévention des lésions auditives induites par le bruit

Il existe pour prévenir les lésions auditives diverses mesures techniques, organisationnelles et comportementales. Dans de nombreux cas, il est nécessaire de combiner les différents types de mesure. Seules une organisation et une planification méthodiques des mesures de lutte contre le bruit garantissent une protection optimale: la lutte contre le bruit doit faire partie du système de sécurité de l'entreprise.

Des examens auditifs réguliers du personnel exposé professionnellement au bruit permettent de vérifier l'efficacité des mesures prises en matière de lutte contre le bruit. Ils servent aussi à détecter par exemple un début de surdité avant qu'elle ne pénalise la personne concernée dans sa vie quotidienne. La prise de mesures appropriées peut arrêter l'aggravation des troubles auditifs de cette personne.

9.1 Lutte contre le bruit dans le concept de sécurité de l'entreprise

9.1.1 Plan de lutte contre le bruit dans l'entreprise

Lorsque des travailleurs sont ou vont être exposés dans une entreprise à un niveau sonore dangereux pour l'ouïe, la lutte contre le bruit et la prévention des lésions auditives doivent être intégrées au système de sécurité de l'entreprise. Le tableau 28 indique les points importants à régler. Cette liste n'est pas exhaustive et doit être adaptée aux conditions de l'entreprise.

La liste de contrôle «Bruit au poste de travail» est un outil précieux pour déterminer ce qui peut être encore fait en matière de lutte contre le bruit ou vérifier l'efficacité des mesures prises (www.suva.ch/waswo-f/67009).



Figure 87: il est impératif de régler dans le cadre du système de sécurité l'utilisation des équipements de protection individuelle.

9.1.2 Comportement en cas d'accident ou d'incident dangereux pour l'ouïe

En cas d'accident ou d'incident dangereux pour l'ouïe, en dépit des mesures de sécurité prises, il est important d'agir vite et correctement (voir tableau 27). Les chances de guérison augmentent fortement si on reçoit rapidement des soins appropriés (au plus tard un ou deux jours après l'événement).

Troubles constatés	Mesures recommandées
Impression d'avoir les oreilles bouchées	pas de mesure particulière; cette impression devrait disparaître dans les 24 heures
Sifflements dans les oreilles	consulter un médecin ou un ORL si les troubles ne disparaissent pas dans les 24 heures ou le matin suivant
Surdité subite d'une ou des deux oreilles	consulter immédiatement un médecin ou un ORL

Tableau 27: procédure en cas de troubles auditifs.

Chapitres du manuel de sécurité	Points à régler	Références
1. Principes directeurs, objectifs en matière de sécurité	Protection de la santé et contre le bruit ancrée dans les principes directeurs	(66101.f)
2. Organisation de la sécurité	Définir les responsabilités (en général coordinateurs de la sécurité)	(66101.f)
3. Formation, instruction, information	Informer le personnel sur le bruit: <ul style="list-style-type: none"> ■ risque d'une lésion auditive due au bruit ■ effet d'une lésion auditive dans la vie de tous les jours ■ guérison impossible ■ présentation des mesures techniques prises ■ explication et formation sur les mesures individuelles nécessaires ■ explication et formation sur les règles de sécurité ■ dispositions spéciales pour femmes enceintes 	Points 3, 4.1, 4.4, 8.2
4. Règles de sécurité	Règlement du port de protecteurs d'ouïe: <ul style="list-style-type: none"> ■ zones bruyantes ■ activités 	
	Prise en compte du facteur bruit lors: <ul style="list-style-type: none"> ■ de l'acquisition de nouvelles machines ■ de l'évaluation de nouvelles méthodes de travail ■ de travaux de transformation ou de construction de bâtiment ■ lors de rénovations 	Points 7, 8.2
5. Détermination des dangers, appréciation du risque	Appréciation du risque selon les valeurs limites en vigueur pour le bruit dangereux pour l'ouïe	Point 6
6. Planification et réalisation des mesures	Vérification et application des mesures de réduction du bruit	Point 7
7. Organisation en cas d'urgence	Définition de la procédure en cas de problèmes auditifs aigus	Point 9.1.2
8. Participation	Participation du personnel: <ul style="list-style-type: none"> • au choix des protecteurs d'ouïe à disposition • à la planification des mesures techniques, organisationnelles et individuelles contre le bruit 	Points 4.2.4, 8.3
9. Protection de la santé	S'assurer que l'entreprise est inscrite au programme de prévention de la Suva	Point 9.2
10. Contrôle, audit	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification régulière des mesures prises • Détection des améliorations possibles 	(66101.f)

Tableau 28: thèmes importants du système de sécurité interne, dont la lutte contre le bruit.

9.1.3 Procédure en cas de soupçon de lésions auditives induites par le bruit

Lorsqu'un travailleur se plaint de troubles auditifs pouvant être liés à son activité professionnelle, il doit consulter un ORL pour un examen auditif. Si le lien entre la lésion auditive et l'exposition professionnelle au bruit se confirme, l'entreprise est tenue de déclarer le cas auprès de son assureur contre les accidents professionnels (la Suva ou assureur privé).

Après cette déclaration à la Suva, l'agence de la Suva compétente contacte la personne concernée pour obtenir des informations détaillées relatives aux activités professionnelles passées et présentes et l'exposition au bruit qu'elles ont engendrée. Ces données permettent d'effectuer une évaluation technique de l'exposition professionnelle au bruit. S'il existe des rapports de mesure du bruit des postes de travail et des activités, on peut utiliser ces données pour une évaluation directe. En l'absence de valeurs de mesures personnelles, l'évaluation se fonde sur des tableaux généraux de niveaux sonores qui contiennent des mesures de l'exposition au bruit lors de diverses activités au cours de ces dernières décennies, ce qui garantit son objectivité.

Pour pouvoir analyser convenablement le cas, il est parfois nécessaire d'effectuer des mesures spéciales ou d'inspecter les postes de travail.

L'évaluation médicale des cas a lieu par un ORL de la Suva, qui doit notamment déterminer si les lésions auditives constatées sont dues exclusivement ou fortement à l'exposition professionnelle au bruit. La décision prise (reconnaissance comme maladie professionnelle, garantie de remboursement pour une prothèse auditive, coût pris en charge) est annoncée au travailleur par l'agence Suva.

9.2 Programme Suva de prévention des lésions auditives

9.2.1 Examens auditifs dans l'audiomobile

La Suva utilise pour les examens auditifs des bus spéciaux appelés audiomobiles (figure 88), qui abritent deux cabines d'examen. Les examens auditifs qui y sont fait servent à:

- informer les travailleurs de leur capacité auditive et des risques du bruit au travail;
- vérifier régulièrement l'aptitude des personnes exposées professionnellement au bruit à travailler dans le bruit;
- détecter les travailleurs sensibles au bruit ou présentant des troubles auditifs, déterminer les protecteurs d'ouïe appropriés et inciter au port de ces protecteurs;
- détecter à leur début les troubles auditifs des personnes très sensibles au bruit ou ne pouvant pas porter pour des raisons médicales des protecteurs d'ouïe afin de pouvoir les transférer à temps à des postes peu bruyants;
- informer et sensibiliser les responsables et les personnes concernées au risque de lésion auditive.

Les audiomobiles permettent d'examiner le personnel rapidement (absence brève peu gênante pour l'entreprise) et qualitativement. Un examen est organisé en général tous les quatre ou cinq ans.

Le programme des audiomobiles est financé par le supplément sur les primes nettes de l'assurance contre les accidents professionnels.



Figure 88: les audiomobiles de la Suva possèdent tout le matériel nécessaire à un examen auditif de qualité.

9.2.2 Personnes examinées dans les audiomobiles

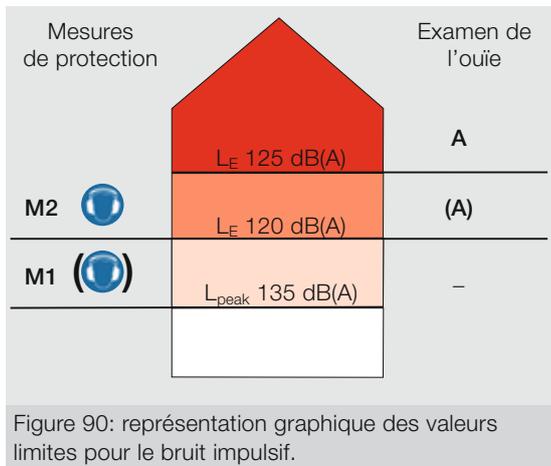
La Suva détermine sur la base de l'exposition professionnelle au bruit quels sont les travailleurs qui ont droit ou qui doivent passer un contrôle auditif. Cette exposition est évaluée au moyen des tableaux généraux de niveaux sonores ALT et, le cas échéant, des rapports de mesure existants (voir point 6). Seules des personnes exposées professionnellement à un niveau sonore risquant d'entraîner des lésions auditives induites par le bruit sont autorisées à passer un examen dans un audiomobile.

Les personnes exposées professionnellement à un niveau sonore L_{EX} de 85 dB(A) ou plus ont droit à un examen auditif dans un audiomobile de la Suva. Cet examen est obligatoire lorsque le niveau sonore L_{EX} est égal ou dépasse 88 dB(A).

Mesures de protection	Examen de l'ouïe
M2 	A
M1 	(A)
-	-

Figure 89: représentation graphique des valeurs limites pour le bruit continu.

Les personnes exposées professionnellement à un bruit impulsif avec un niveau de crête L_{Peak} de 135 dB(C) ou plus ont droit à un examen auditif dans un audiomobile de la Suva lorsque le niveau d'exposition au bruit L_E atteint ou dépasse 120 dB(A). Cet examen est obligatoire quand L_E atteint ou dépasse 125 dB(A).



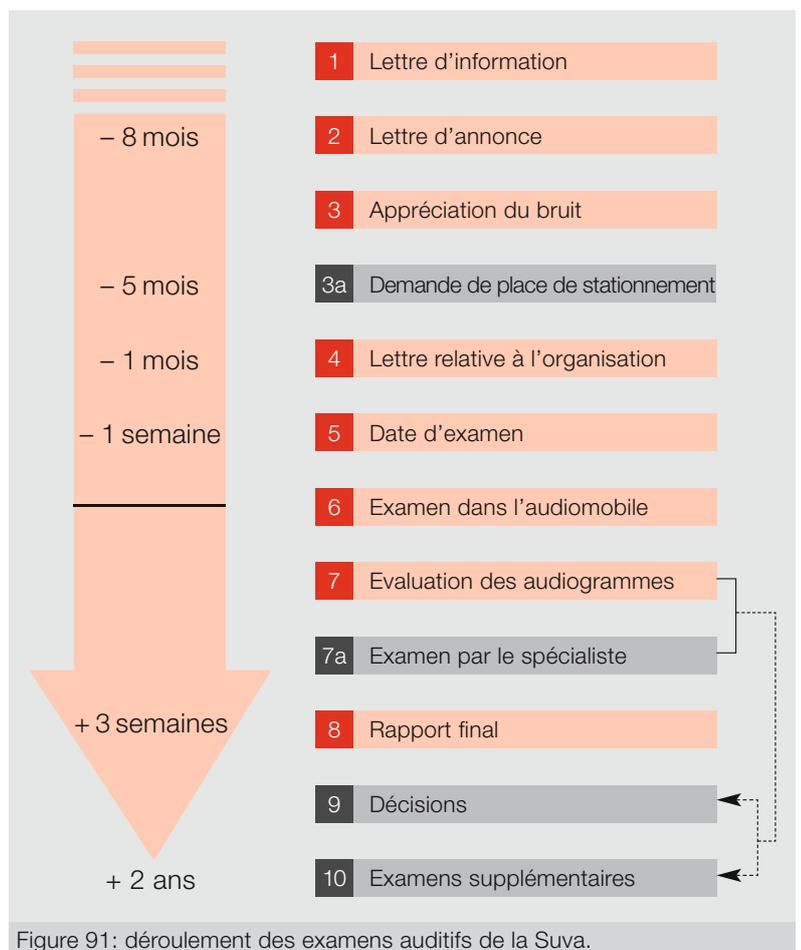
Les apprentis d'une profession exposant au bruit (telle que de menuisier, tôlier, constructeur de routes) sont examinés, qu'ils soient exposés réellement ou non à un niveau sonore dangereux pour l'ouïe (exposition au bruit plus faible en raison des périodes de cours, travaux manuels plus importants exposant à un niveau sonore élevé). Il s'avère très utile en matière de prévention de connaître l'état auditif au début de l'exposition professionnelle au bruit (lésions antérieures) et tous les problèmes médicaux pouvant entraîner un changement d'activité important (reconversion).

Les entreprises sont de plus en plus nombreuses à demander à ce que des personnes non exposées à un niveau sonore dangereux soient examinées dans un audiomobile, dans le cadre d'une campagne interne de promotion de la santé ou en raison de l'introduction de valeurs limites plus faibles pour l'exposition professionnelle au bruit. En principe, il est possible d'accepter de telles demandes. Les frais liés à ces examens sont cependant à la charge de l'entreprise. Pour toute question ou demande en la matière, voir avec le secteur audiométrie de la Suva dont les coordonnées sont les suivantes:

Suva
 Division médecine du travail
 Secteur audiométrie
 Case postale, 6002 Lucerne
 Téléphone 041 419 51 11
 audiometrie@suva.ch

9.2.3 Organisation et déroulement d'un examen dans un audiomobile

Tous les ans, près de 40 000 personnes de 4000 entreprises sont examinées dans un audiomobile de la Suva. En raison du nombre important de personnes examinées et en vue d'un taux d'utilisation rationnel des audiomobiles, l'organisation de tous ces examens auditifs nécessitent une bonne coordination et un certain temps. Près de huit mois peuvent se passer entre la première prise de contact avec l'entreprise et l'examen auditif (figure 91). Les examens sont organisés de sorte à gêner le moins possible l'entreprise concernée (trajets et absence brefs). Il est tenu compte des travailleurs faisant les trois-huit ou en service extérieur et des fermetures annuelles et saisonnières des entreprises.



- 1 Les entreprises soumises à l'OPA et pouvant avoir un niveau sonore dangereux pour l'ouïe sont informées de leur obligation de protéger l'ouïe de leur personnel et du programme Suva de prévention des lésions auditives.
- 2 La Suva informe les entreprises du prochain examen auditif dans un audiomobile et leur demande de lui indiquer le nombre de travailleurs à examiner ainsi que les cas particuliers (p. ex. travailleurs en trois-huit).
- 3 Le déroulement d'une évaluation du bruit est détaillé au point 6.
- 3a Dans chaque région, des entreprises se voient demandées si la Suva peut installer sur leur terrain un audiomobile, y examiner aussi des travailleurs d'autres entreprises et si les conditions nécessaires sont réunies (emplacement, alimentation en électricité).
- 4 Un à deux mois avant l'examen auditif, l'entreprise est informée de la date approximative de l'examen (début, milieu ou fin du mois) et du lieu. On lui explique comment remplir correctement les documents relatifs aux personnes à examiner et calculer l'indemnisation pour le temps non travaillé en raison de l'examen.
- 5 L'équipe de l'audiomobile fixe par téléphone, une semaine à l'avance, l'horaire exact de l'examen avec l'entreprise.
- 6 L'examen a lieu pendant les horaires de travail habituels. Quatre personnes sont examinées par demi-heure. Les documents relatifs aux personnes à examiner d'une même entreprise sont à remettre au personnel de l'audiomobile au début de l'examen.
- 7 Le résultat des examens auditifs est évalué par des spécialistes Suva de la médecine du travail.
 - 7a Lorsqu'il n'est pas possible d'évaluer avec certitude des résultats, des examens complémentaires sont effectués.
- 8 L'entreprise reçoit à la fin un rapport récapitulatif avec le nom des personnes examinées et des informations sur le port des protecteurs d'ouïe. Un rapport écrit individuel n'est envoyé que si des mesures spéciales sont requises.
- 9 Sur la base des examens, les travailleurs exposés à un risque auditif élevé sont directement informés des protecteurs d'ouïe nécessaires (décision d'aptitude conditionnelle). Il est très rare que la Suva soit obligée d'interdire à un travailleur de continuer à travailler dans un milieu exposant à un niveau sonore dangereux pour l'ouïe (décision d'inaptitude). C'est le cas pour des raisons audiolologiques.
- 10 Pour des raisons médicales, il arrive que l'ouïe de certains travailleurs soit contrôlée plus fréquemment (tous les deux ans au lieu de quatre environ).

9.2.4 Examen dans l'audiomobile

Lors de l'examen dans l'audiomobile, toutes les tâches et professions ayant exposé la personne examinée au bruit (anamnèse professionnelle) sont répertoriées. Sur la base de ces indications, des tableaux des niveaux sonores (voir points 6.4 et 6.5) et des données provenant de la base de données Suva des sources sonores, il est possible d'évaluer l'exposition professionnelle au bruit jusqu'à ce jour.

Lors de l'examen auditif, on détermine le seuil d'audition (son le plus faible encore audible) dans la gamme de 500 à 8000 Hz (voir point 3.3). Le résultat est présenté sous la forme d'un audiogramme (figure 92). On explique ensuite à la personne examinée le résultat: on analyse avec elle l'audiogramme et on compare sa courbe avec les courbes de référence d'une personne à l'acuité auditive normale. On lui remet une copie de l'audiogramme avec les principales conclusions de l'examen. On la conseille aussi sur les protecteurs d'ouïe les mieux adaptés à sa situation et leur utilisation correcte.

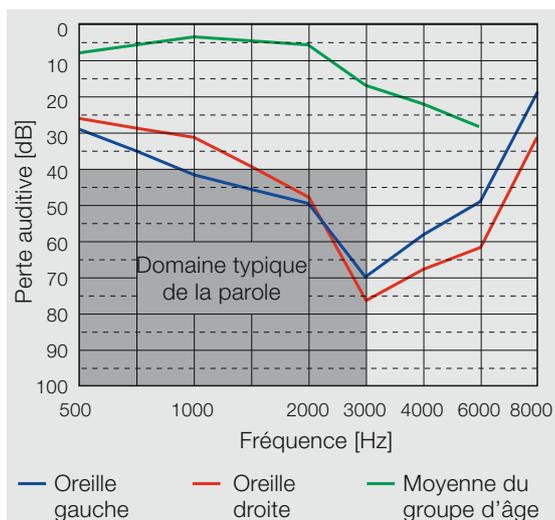


Figure 92: résultat d'un examen auditif présenté sous la forme d'un audiogramme.

Toutes les données relatives à l'anamnèse professionnelle et à l'examen auditif sont archivées dans le cas où elles pourraient être nécessaires ultérieurement.

Une description détaillée des examens auditifs dans un audiomobile figure dans la publication Suva «Prévention des surdités professionnelles», réf. Suva 1909/1.f.

9.3 Pourcentage de travailleurs exposés au bruit selon les branches

La figure 93 indique le pourcentage de travailleurs exposés à un niveau sonore dangereux pour l'ouïe selon les branches. Il s'agit d'estimations se fondant sur le nombre de travailleurs par branche en 2002 et le pourcentage de travailleurs exposés au bruit dans chaque branche.

Parmi les personnes exposées professionnellement au bruit, 32 % travaillent dans la construction et 20 % dans la métallurgie. L'exposition au bruit est la plus fréquente dans les branches de l'industrie du bois (40 %) et de la construction (24 %). Il est à noter que 14 % des personnes travaillant dans une administration sont exposées au bruit, ce qui est un pourcentage élevé. Il s'agit surtout de policiers (exercices de tirs et tirs en mission).

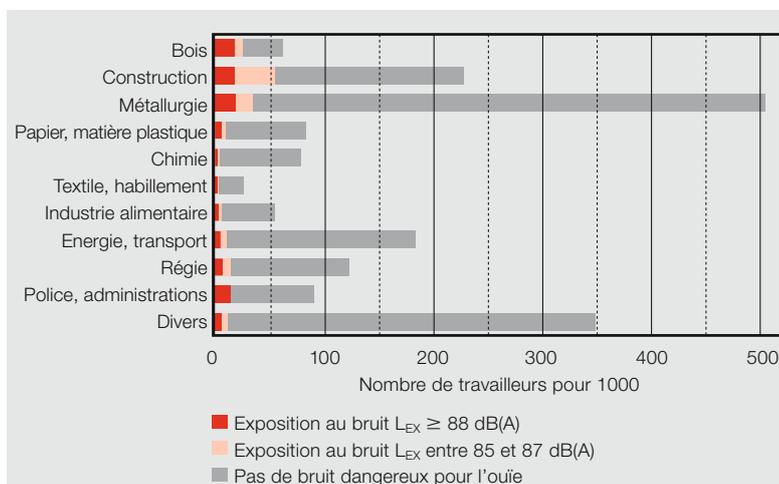
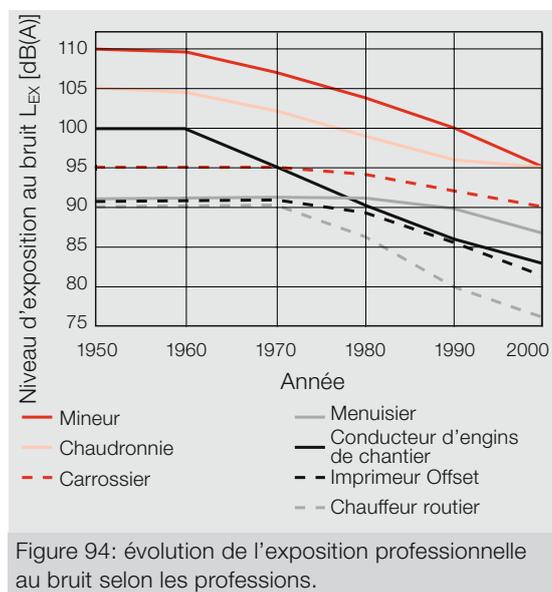


Figure 93: exposition au bruit dans diverses branches.

9.4 Evolution de l'exposition professionnelle au bruit

L'exposition au bruit a fortement diminué ces dernières décennies à de nombreux postes de travail. La figure 94 indique une forte baisse pour certaines professions, imputable principalement au progrès technique. On dispose de nouvelles techniques de travail, de machines moins bruyantes et de véhicules avec des cabines isolées phoniquement.

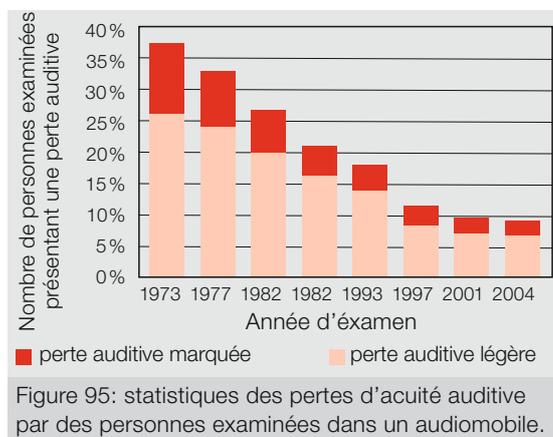
Un autre facteur positif est que la présence humaine n'est indispensable pour les installations modernes de production que pour leur surveillance, le restant étant automatisé. Cela diminue donc le nombre de personnes exposées au bruit. Ce facteur n'est cependant qu'un effet secondaire de la suppression d'emplois et de la délocalisation dans l'industrie.



Force est toutefois de constater que le progrès technique s'accompagne souvent d'une augmentation du rendement et de la production, ce qui contrebalance voire réduit à néant les efforts en faveur de la réduction du bruit. C'est pour cette raison que l'exposition au bruit ne peut être réduite que faiblement à de nombreux postes de travail. Dans ce cas, il est nécessaire d'envisager d'autres mesures de lutte contre le bruit.

9.5 Contrôle de l'efficacité de la prévention des lésions auditives

Comme l'indique la figure 95, les mesures de prévention des lésions auditives ont été très efficaces. Ainsi, le nombre de personnes examinées dans un audiomobile et présentant des lésions auditives a fortement diminué ces trente dernières années.



En dépit de cette évolution positive, 17 % des maladies professionnelles reconnues (2004: 696 cas) demeurent imputables à une exposition professionnelle au bruit (figure 96). Il reste donc encore beaucoup à faire en matière de prévention des lésions auditives.

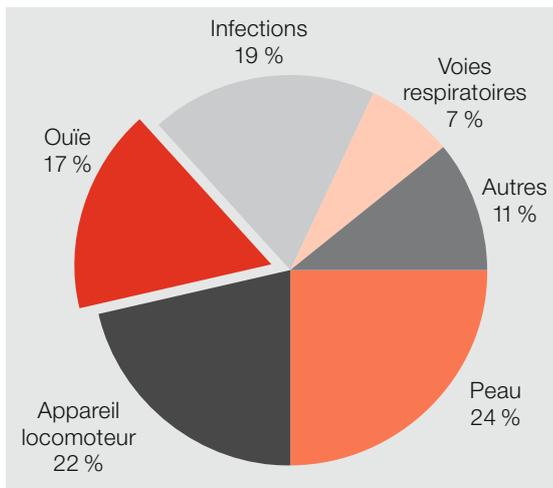


Figure 96: part des cas de surdité professionnelle parmi tous les cas de maladies professionnelles reconnues entre 2000 et 2004.

De plus amples informations relatives à l'exposition sonore lorsqu'on écoute de la musique, notamment dans les discothèques, les soirées, les concerts ou lorsqu'on joue d'un instrument dans un groupe, sont disponibles dans la publication Suva «Musique et troubles de l'ouïe», réf. 84001.

9.6 Bruit dangereux durant les loisirs

Être exposé au bruit pendant les loisirs peut être gênant voire dangereux pour l'ouïe. C'est notamment le cas lors d'activités comme le motocyclisme, la musique, la chasse, le bricolage avec des outils bruyants ou la fréquentation de manifestations au niveau sonore très élevé. Il peut s'avérer nécessaire de porter aussi des protecteurs d'ouïe et de prendre certaines mesures pour réduire le niveau sonore.

L'entreprise ne peut pas influencer directement sur le comportement de son personnel durant les loisirs. Cependant, lorsque le personnel a été rendu attentif aux effets d'une lésion auditive, il fait en général aussi attention hors de l'entreprise. Les personnes ayant une expérience positive du port de protecteurs d'ouïe au travail n'hésitent pas   en utiliser pendant leurs loisirs.

10 Résumé

La surdité professionnelle n'est pas guérissable mais on peut l'éviter. La présente brochure vise à promouvoir la prévention des surdités professionnelles, qui constituent en Suisse la troisième maladie professionnelle la plus fréquente. Elle décrit en détail les bases de la lutte contre le bruit et fournit de nombreux conseils et mesures en la matière.

Le chapitre 2 sur les notions de base d'acoustique introduit à la thématique du bruit. Le chapitre 3 sur l'ouïe présente le fonctionnement et les aptitudes extraordinaires de l'oreille humaine. Il décrit aussi les lésions auditives induites par le bruit, leur évolution et leurs conséquences dans la vie de tous les jours.

La législation oblige les employeurs à prévenir les lésions auditives induites par le bruit aux postes de travail. Outre son droit de participation, le personnel a aussi des obligations, telles que respecter les consignes de sécurité et porter les équipements de protection individuelle requis. Les obligations et les bases légales en matière de lutte contre le bruit sont indiquées au chapitre 4.

Comment mesure-t-on le bruit? Le chapitre 5 sur la technique de mesure du bruit répond à cette question. Il explique les composants des instruments de mesure et leur utilisation ainsi que la procédure correcte à adopter lors de mesurages. Si une personne est exposée au bruit pendant tout son temps de travail, le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} correspond au niveau d'exposition au bruit L_{EX} . En cas de variations temporelles du bruit, on dispose de diverses méthodes d'appréciation du bruit (chapitre 6).

Lorsque le niveau sonore dépasse la valeur limite, il est nécessaire de prendre des mesures techniques. De nombreux exemples pratiques et des mesures sont indiqués au chapitre 7 sur les mesures techniques de lutte contre le bruit. Si ces mesures ne suffisent pas pour réduire le bruit à un niveau non dan-

gereux, le personnel doit porter des protecteurs d'ouïe. Le chapitre 8 est consacré aux différents protecteurs d'ouïe et à leur utilisation correcte.

Les entreprises ne sont pas seules face au bruit: la Suva avec son programme de prévention des lésions auditives les aide et suit les travailleurs exposés à un bruit dangereux pour l'ouïe (examens auditifs dans ses automobiles, chapitre 9).

La présente brochure comprend 96 illustrations, de nombreux tableaux ainsi qu'une liste d'adresses et une bibliographie.

Les auteurs remercient

- la division médecine du travail de la Suva de sa vérification de la partie médicale de la présente brochure;
- toutes les personnes de la Suva ayant contribué à l'existence de cette brochure;
- toutes les entreprises leur ayant fourni ou aidés à obtenir des photographies:
 - ANADA AG, Glattbrugg
 - B&K Messtechnik GmbH, Rümlang
 - Bauwerke AG, St-Margrethen
 - Brauerei Eichhof, Luzern
 - Emch+Berger AG, Berne
 - ETIS AG, Herisau
 - F. Maurer, Schallschutz, Bienne
 - H. Kubny AG, Zurich
 - Husqvarna Schweiz AG, Mägenwil
 - Ingenieurbüro Dollenmeier GmbH, Dielsdorf
 - Institut für Physiologie, Friedrich-Schiller-Universität, Jena DE
 - Li&Co GmbH, Müstair
 - NORSONIC-Brechbühl AG, Grünenmatt
 - Stadler Rail AG, Altenrhein
 - Swiss Quality Paper Horgen Balsthal AG, Balsthal
 - WEZ Kunststoffwerk AG, Oberentfelden

Dr. Beat Hohmann
Walter Lips
Heinz Waldmann

Annexe 1

Informations complémentaires

Bibliographie

Toutes les publications Suva portant sur le bruit peuvent être consultées, téléchargées ou imprimées en fichier PDF sur le site Internet de la Suva:
www.suva.ch/waswo-f, mot-clef «bruit».

Lorsqu'on indique la référence, on accède directement à la publication recherchée. Par exemple: www.suva.ch/waswo-f/86001 pour accéder directement à «Ouvrages concernant le bruit».

Des informations complémentaires sur le bruit et des références importantes sont disponibles sur le site de la Suva www.suva.ch/acoustique.

Législation

Toutes les lois et ordonnances suisses sont disponibles sous www.admin.ch/ch/f/rs/rs.html dans leur dernière version.

Un répertoire des publications électroniques de données juridiques suisses (confédération, cantons, communes, diffuseurs privés) et internationales est disponible sous www.rechtsinformation.admin.ch.

Normes

Association suisse de normalisation SNV
www.snv.ch

Normes internationales aussi sous www.iso.org, www.afnor.fr ou www.beuth.de

Organes de surveillance et d'exécution

Confédération

Compilation importante de lois, ordonnances et articles sur la thématique du bruit et de ses problèmes: www.laerm.ch.

Secrétariat d'Etat à l'économie SECO
www.seco.admin.ch

Office fédéral de la santé publique (OFSP)
www.bag.admin.ch

Office fédéral de l'environnement (OFVE)
www.umwelt-schweiz.ch

Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail CFST: www.cfst.ch

Cantons

Responsables cantonaux
Agence pour le bruit, agence de l'environnement
Informations détaillées (spécialités, adresses, etc.): www.cerclebruit.ch
Le «Cercle Bruit» s'occupe aussi de www.laerm.ch.

Inspections cantonales du travail (ICT)
www.arbeitsinspektorat.ch

Institutions privées

Forum écoute
La Fondation Romande des Malentendants est constituée de 6 amicales réparties sur l'ensemble de la Suisse romande.
www.ecoute.ch/

Schweizerische Liga gegen den Lärm
www.laermliga.ch

equiterre Zurich (anciennement Société pour la protection de l'environnement (SPE))
www.equiterre.ch

Société suisse d'acoustique SSA
www.sga-ssa.ch

Association suisse d'ergonomie SwissErgo
www.swissergo.ch

Annexe 2: Grandeurs d'acoustique

Dénominations internationales, références aux normes de base

Deutsch	Français	Italiano	English	Abkürzung	Kapitel
Schallimmission Schalleinwirkung an einem Ort oder auf eine Person [Empfänger] bezogen	Exposition sonore dans un endroit ou référant à une personne [récepteur]	Immissione sonora rumore immesso in ambiente interno o esterno misurato in prossimità dei ricettori	Sound exposure sound immission in a specific place or referring to a person [receiver]	–	5.1
(A-bewerteter) Schall-druckpegel EN 61672-1	niveau de pression acoustique (pondéré A) ISO 1996	livello di pressione sonora (ponderata «A»)	(A-weighted) sound pressure level ISO 1996	L (L _{pA})	2.6 2.7 5.2
maximaler/ minimaler Schall-druckpegel (bei Verwendung der Zeitbewertung F) SN ISO 11200	niveau de pression acoustique maximal/ minimal (avec la pondération temporelle F) ISO 11200	livello di pressione sonora massimo/ minimo (con costante di tempo F)	maximum/ minimum sound pressure level ISO 11200	L _{Fmax} /L _{Fmin}	5.2
(A-bewerteter) äquivalenter Dauerschallpegel, Mittelungspegel EN 61672-1 äquival. Dauerschalldruckpegel	niveau de pression acoustique continu équivalent (pondéré A) ISO 1996	livello continuo equivalente di pressione sonora (ponderata «A»)	equivalent continuous (A-weighted) sound pressure level ISO 1996	L _{eq} (L _{Aeq})	2.8.1
Lärmexpositionspegel, Richtlinie 2003/10/EG	niveau d'exposition au bruit ISO 1999	livello di esposizione al rumore Direttiva 2003/10/CE	noise exposure level ISO 1999	L _{EX}	4.7.1 6.1
Schallexpositionspegel EN 61672-1	niveau d'exposition acoustique ISO 1996	livello di esposizione sonora	sound exposure level ISO 1996	L _E (SEL)	2.8.2 4.7.2
(C-bewerteter) Spitzenschall-druckpegel SN ISO 11200	niveau de pression acoustique de crête (pondéré C) ISO 11200	livello di pressione acustica di picco (ponderata «C»)	maximum (C-weighted) peak level ISO 11200	L _{pC,peak} L _{Cpeak} L _{Ccrête} L _{peak} , L _{crête}	2.11 4.7.2 5.2 6.2

Tableau 29: grandeurs d'exposition (immission) sonore.

Deutsch	Français	Italiano	English	Abkürzung	Kapitel
Schallemission auf Schallquelle (Maschine) bezogen, ohne Raumeinfluss	Emission sonore référant a une source de bruit (machine), sans l'influence des environs	Emissione sonora riferita alla sorgente sonora (macchina), senza l'influsso dell'ambiente	Sound emission referring to a sound source/ machine, without influence of the ambiance	–	5.1
(A-bewerteter) Emissions- Schalldruckpegel am Arbeitsplatz SN ISO 11200	niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail (pondéré A) ISO 11200	livello di pressione sonora al posto di lavoro (ponderata «A») UNI EN ISO 11200	emission sound pressure levels at a work station (A-weighted) ISO 11200	L _{pA}	4.5
(A-bewerteter) Schalleistungs- pegel ISO 3744	niveau de puissance acoustique (pondéré A) ISO 3744	livello di potenza sonora (ponderata «A») UNI EN ISO 3744	sound power level (A-weighted) ISO 3744	L _{WA}	4.5 5.1 2.5 2.9

Tableau 30: grandeurs d'émission sonore.

Annexe 3

Grandeurs et unités physiques et d'acoustique

Symboles	Grandeurs	Unités	Chapitres
α_s	Coefficient d'absorption acoustique	–	4.4
c	Célérité du son	m/s	2.4
DL2	Décroissance du niveau sonore par doublement de distance	dB	2.12.3, 7.5.2
f	Fréquence	Hz	2.4, 2.10, 3, 5.4
L, L _p	Niveau de pression acoustique	dB	2.6, 4.12
L _E	Niveau d'exposition sonore	dB	2.8.2, 4.7.2, 6.2, 9.2.2
L _{eq}	Niveau de pression acoustique continu équivalent	dB	2.8
L _{EX}	Niveau d'exposition au bruit	dB	4.7, 4.8, 6, 9.2.2
L _{Peak}	Niveau de pression acoustique de crête	dB	5.2, 6.2, 9.2.2
L _W	Niveau de puissance acoustique	dB	2.9
L _{pA}	Niveau de pression acoustique de l'émission	dB	4.5, 4.12
p	Pression acoustique	Pa	2.2, 2.5, 2.6
p _i	Exposition au bruit en pourcentage	%	6.1.2
r	Rayon	m	2.9
t, t _i	Temps d'exposition	s	6.1.2
T	Période	s	2.3
T _m , T ₆₀	Temps de réverbération (moyen)	s	2.12.2, 5.5
T _m	Durée de la mesure	s	2.8
W	Puissance acoustique	W	2.5, 2.9
λ	Longueur d'onde	m	2.4

Tableau 31: grandeurs physiques et d'acoustique utilisées dans le cadre de cette publication.

