

Bruit dangereux pour l'ouïe
aux postes de travail

suva

Suva

Protection de la santé
Secteur physique
Case postale, 6002 Lucerne

Renseignements

Tél. 041 419 58 51
akustik@suva.ch

Téléchargement

www.suva.ch/44057.f

Titre

Bruit dangereux pour l'ouïe aux postes de travail

Reproduction autorisée, sauf à des fins
commerciales, avec mention de la source.

1^{re} édition: mars 1988

Edition revue et corrigée: juin 2018

Référence

44057.f (disponible uniquement sous forme de fichier pdf)

Le modèle Suva**Les quatre piliers de la Suva**

- La Suva est mieux qu'une assurance: elle regroupe la prévention, l'assurance et la réadaptation.
- La Suva est gérée par les partenaires sociaux. La composition équilibrée du Conseil de la Suva, constitué de représentants des employeurs, des travailleurs et de la Confédération, permet des solutions consensuelles et pragmatiques.
- Les excédents de recettes de la Suva sont restitués aux assurés sous la forme de primes plus basses.
- La Suva est financièrement autonome et ne perçoit aucune subvention de l'Etat.

Sommaire

1	Introduction	5
2	Notions de base d'acoustique	7
2.1	Génération du son	7
2.2	Pression acoustique	7
2.3	Fréquence	7
2.4	Ondes sonores et propagation du son	8
2.5	Puissance acoustique	9
2.6	Niveau de pression acoustique	11
2.7	Niveau de pression acoustique pondéré selon la fréquence	12
2.8	Niveau de pression acoustique avec intégration temporelle	13
2.8.1	Niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}	13
2.8.2	Niveau d'exposition sonore L_E	13
2.9	Niveau de puissance acoustique	14
2.10	Analyses spectrales	15
2.11	Signaux acoustiques	16
2.11.1	Son pur, son composé et bruit	16
2.11.2	Bruit continu, bruit intermittent et bruit impulsif	17
2.12	Champs acoustiques	18
2.12.1	Champ sonore libre	18
2.12.2	Champ sonore diffus	19
2.12.3	Champ sonore dans les locaux industriels	19
3	L'ouïe	21
3.1	Structure de l'oreille et audition	21
3.2	Perception du son	22
3.3	Examen audiométrique	23
3.4	Influence de l'âge sur l'acuité auditive	24
3.5	Lésions auditives induites par le bruit	25
3.6	Evaluation de la faculté auditive	28
3.7	Autres effets du bruit	28
3.7.1	Compréhension verbale et perception des signaux	28
3.7.2	Gêne induite par le bruit	29
3.7.3	Effets extra-auditifs	30
4	Bases légales et valeurs limites	31
4.1	Récapitulatif	31
4.2	Prévention des accidents et des maladies professionnels	32
4.3	Directive CFST 6508 relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail	35
4.3.1	Dangers particuliers	35
4.3.2	Détermination des dangers	35
4.3.3	Analyse du risque	35
4.3.4	Participation du personnel	35
4.4	Prévention et approbation des plans	35
4.5	Sécurité des produits	36

4.6	Prescriptions relatives aux immissions de bruit extérieur	36
4.7	Valeurs limites pour la protection contre le bruit dangereux pour l'ouïe	37
4.7.1	Bruit continu	37
4.7.2	Bruit impulsif	37
4.7.3	Mesures de protection contre le bruit	37
4.8	Valeurs indicatives pour le bruit gênant aux postes de travail	38
4.8.1	Valeurs indicatives en fonction de l'activité	38
4.8.2	Valeurs indicatives pour le bruit de fond dans les locaux de travail	38
4.9	Autres critères d'évaluation du bruit	39
4.9.1	Ultrasons	39
4.9.2	Infrasons	39
4.10	Ordonnance son et laser	39
4.11	Norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»	39
4.12	Déclaration des émissions sonores selon la directive européenne «Machines»	39
4.13	Mesures de protection contre le bruit d'après la directive européenne 2003/10/CE	41
<hr/>		
5	Technique de mesure du bruit	42
5.1	Objectif des mesures du bruit	42
5.2	Composants des instruments de mesure	42
5.3	Instruments de mesure et d'analyse du bruit aux postes de travail	45
5.4	Conseils pratiques pour les mesures de bruit	49
5.5	Mesures du bruit effectuées par la Suva	50
<hr/>		
6	Appréciation du bruit	52
6.1	Appréciation du niveau d'exposition au bruit L_{EX}	52
6.1.1	Bases d'appréciation	52
6.1.2	Calcul du niveau d'exposition au bruit L_{EX}	52
6.1.3	Niveaux d'exposition quotidien et annuel	54
6.1.4	Aide pour la détermination du niveau d'exposition au bruit L_{EX}	54
6.1.5	Exemples de calcul	55
6.2	Appréciation de l'exposition au bruit impulsif	57
6.2.1	Bases d'appréciation	57
6.2.2	Détermination des grandeurs d'appréciation	57
6.2.3	Utilisation des critères d'appréciation	57
6.3	Appréciation des postes de travail	58
6.3.1	Appréciation du risque au moyen des tableaux de niveaux sonores	58
6.3.2	Mesurage par l'entreprise	58
6.3.3	Mesurage effectué par la Suva dans des entreprises	58
6.4	Rapport de mesure portant sur les mesurages effectués dans une entreprise précise	59
6.5	Tableaux de niveaux sonores	61
6.5.1	Niveau d'exposition au bruit selon les activités	61
6.5.2	Niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}	61
<hr/>		

7	Mesures techniques de lutte contre le bruit	63
7.1	Bases légales	63
7.2	Principes de la lutte contre le bruit	63
7.3	Mesures techniques de lutte contre le bruit	64
7.4	Source du bruit: 1 ^{re} priorité	64
7.4.1	Réduction du bruit généré	64
7.4.2	Réduction de la transmission du bruit	65
7.4.3	Réduction du rayonnement sonore	66
7.4.4	Encoffrage	66
7.4.5	Manutention	66
7.5	Local de travail: 2 ^e priorité	68
7.5.1	Subdivision spatiale	68
7.5.2	Mesures d'acoustique	68
7.6	Réduction de l'exposition au bruit: 3 ^e priorité	70
7.6.1	Organisation du travail	70
7.6.2	Equipped de protection individuelle	70
<hr/>		
8	Equipements de protection individuelle	71
8.1	Port de protecteurs d'ouïe	71
8.2	Mise en œuvre pratique de l'obligation de porter des protecteurs d'ouïe	71
8.3	Information et formation	71
8.4	Choix des protecteurs d'ouïe appropriés	72
8.5	Utilisation systématique et correcte	73
8.6	Perception des signaux avec protecteurs d'ouïe	74
8.7	Informations complémentaires	75
<hr/>		
9	Prévention des lésions auditives induites par le bruit	76
9.1	Lutte contre le bruit dans le concept de sécurité de l'entreprise	76
9.1.1	Plan de lutte contre le bruit dans l'entreprise	76
9.1.2	Comportement en cas d'accident ou d'incident dangereux pour l'ouïe	76
9.1.3	Procédure en cas de soupçon de lésions auditives induites par le bruit	77
9.2	Programme Suva de prévention des lésions auditives	78
9.2.1	Examens auditifs dans les audiomobiles	78
9.2.2	Personnes examinées dans les audiomobiles	78
9.2.3	Organisation et déroulement d'un examen dans les audiomobiles	80
9.2.4	Examens dans les audiomobiles	81
9.3	Pourcentage de travailleurs exposés au bruit selon les branches	81
9.4	Evolution de l'exposition professionnelle au bruit	82
9.5	Contrôle de l'efficacité de la prévention des lésions auditives	82
9.6	Bruit dangereux durant les loisirs	83
<hr/>		

10	Résumé	84
<hr/>		
	Annexe 1	
	Informations complémentaires	86
	Bibliographie	86
	Législation	86
	Normes	86
<hr/>		
	Annexe 2	
	Dénominations internationales des grandeurs d'acoustique	87
<hr/>		
	Annexe 3	
	Grandeurs et unités physiques et d'acoustique	88
<hr/>		

1 Introduction



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

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 170 000 personnes travaillant dans environ 18 000 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 8 % en 2011, soit une baisse de 80 %.

Des valeurs limites du bruit pour les postes industriels ont été déterminées en Suisse en 1965. 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.

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.

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.



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

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 que 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 cette publication. Des informations complémentaires sont disponibles à l'annexe 1 et à l'adresse www.suva.ch/bruit.

Cette publication contient des informations générales et des explications détaillées sur le bruit et ses effets ainsi que la lutte contre le bruit. Le sommaire et les tableaux des annexes 2 et 3 permettent 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 ex.);
- 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 ex.);
- lorsque des colonnes d'air se mettent à vibrer (par 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).

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:

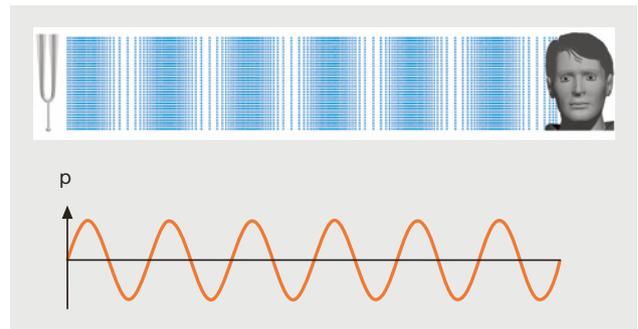
Pression atmosphérique	$\sim 100\,000 \text{ Pa}$
Pression acoustique maximale de la parole (à 1 m de distance du locuteur)	$\sim 1 \text{ Pa}$
Variation de pression avec une modification de la hauteur de 8 cm	$\sim 1 \text{ Pa}$

Lors d'une excitation simple, par ex. 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.

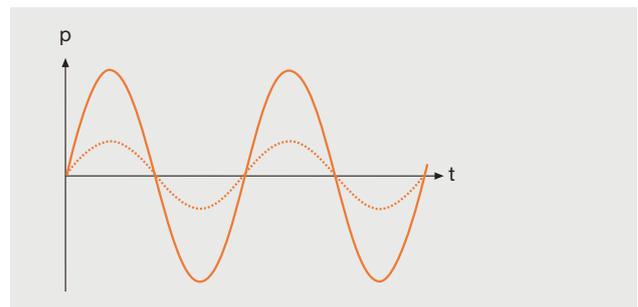
2.3 Fréquence

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).

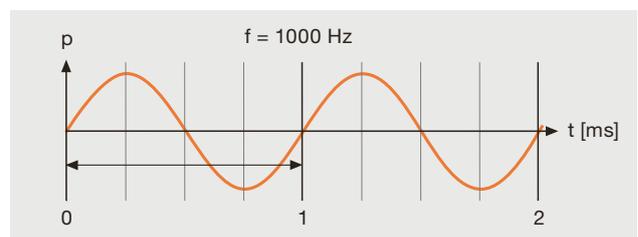
1 kHz = 1000 Hz = 1000 oscillations par seconde: son étalon.



3 Génération et propagation du son



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



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

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 300–3500 Hz.

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

Les ultrasons sont utilisés dans la nature (par 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 «Bruits des installations à ultrasons» (www.suva.ch/66077.f)

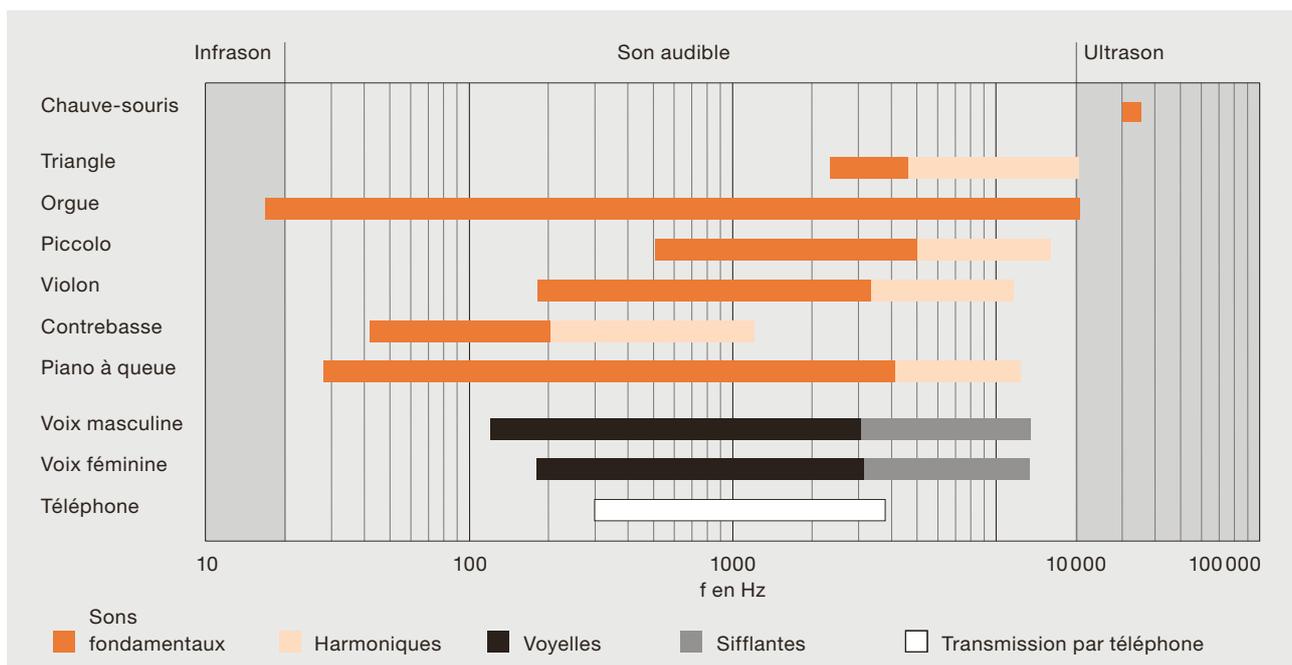
2.4 Ondes sonores et propagation du son

Les variations de pression dans l'air, par ex. 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.

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

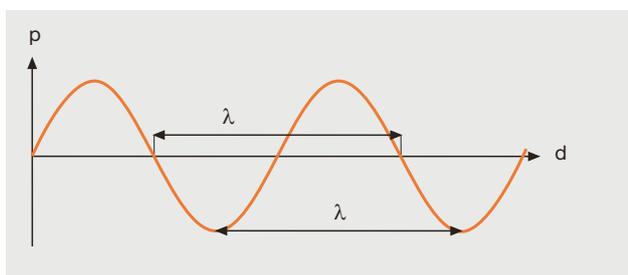
f : fréquence en Hz
T : période en s

Formule 1



6 Gammes de fréquence

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).



7 Longueur d'onde

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

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

l: 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 m et 1,7 cm (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).

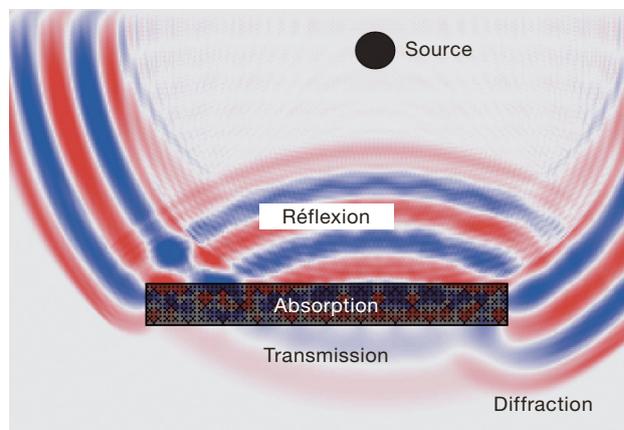
La réflexion, l'absorption, la transmission et la diffraction dépendent essentiellement de la longueur d'onde du son (et donc de sa fréquence). Les ondes courtes (fréquences élevées) peuvent être absorbées par des matériaux de faible épaisseur. Les ondes longues (basses fréquences) peuvent plus facilement pénétrer ou contourner un obstacle. Un effet d'ombre acous-

tique n'apparaît derrière un objet que lorsque les dimensions de ce dernier sont bien plus grandes que la longueur d'onde du signal sonore.

Fréquence Longueur d'onde

20 kHz	1,7 cm
10 kHz	3,4 cm
1 kHz	34,0 cm
100 Hz	3,4 m
20 Hz	17,0 m

Tableau 1 Fréquences et longueurs d'onde



8 Son en présence d'un obstacle (illustration créée au moyen du programme «Virtual Wave Tank»; Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen, Dresde; 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. Exemples: 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.

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

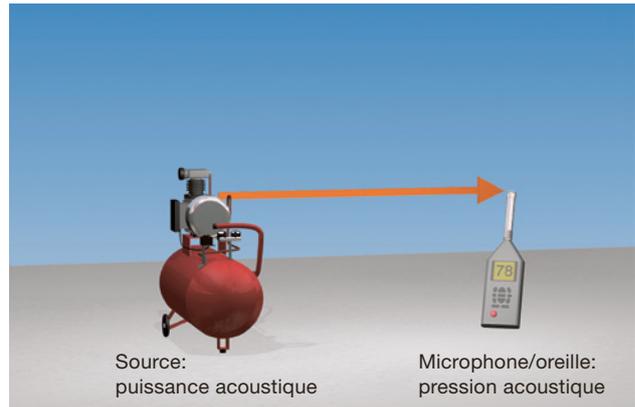
Tableau 2 Puissances acoustiques

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

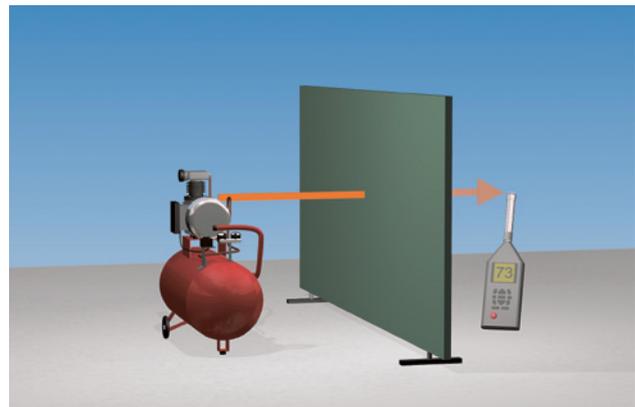
Les microphones de mesure comme l'oreille humaine réagissent à la pression acoustique. Cette dernière peut être mesurée directement et est déterminante pour la perception sonore. La puissance et l'énergie acoustiques sont proportionnelles au carré de la pression acoustique. Lorsque la pression acoustique double, la puissance acoustique quadruple.

Mesurée à un point donné, la pression acoustique dépend:

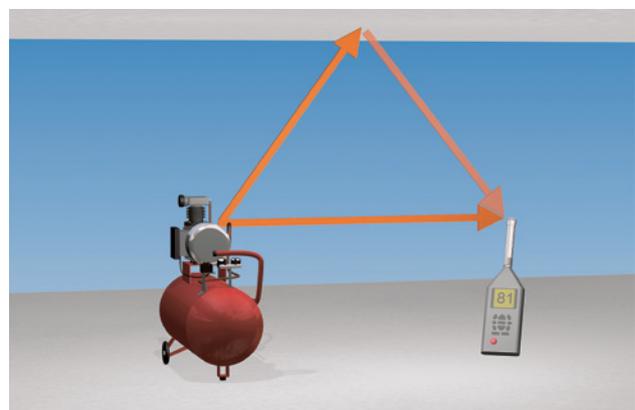
- de la puissance acoustique émise par la source (figure 9a);
- de diffusion dans toutes les directions (avec une puissance acoustique similaire, une concentration acoustique augmente la pression acoustique dans la direction principale)
- de l'éloignement de la source (dans un champ sonore libre, la 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);



9 a



9 b



9 c

9 Facteurs influençant la pression acoustique à un point donné.

- a Son direct
- b Son atténué par un obstacle
- c Réflexion

- 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.

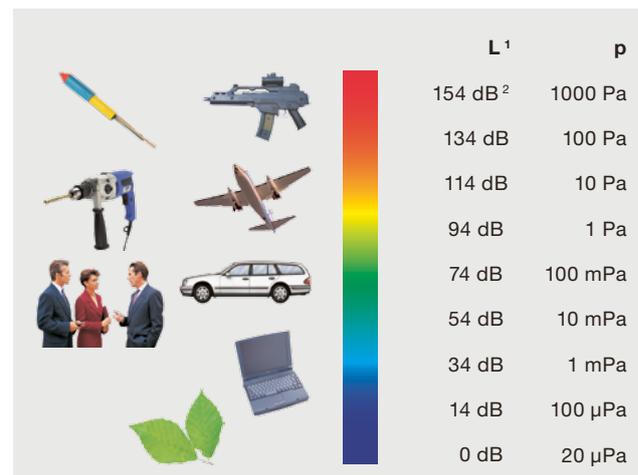
Le recours au **niveau de pression acoustique** en décibels (dB) permet de réduire fortement cette gamme de valeurs. L'unité décibel (= $\frac{1}{10}$ Bel), d'après le nom de l'inventeur du téléphone A.G. Bell (1847–1922), tire son origine de la technique des télécommunications qui définit un niveau 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».)

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.

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

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



10 Niveaux de pression acoustique L et pressions acoustiques p caractéristiques.

¹ Mesures effectuées avec le filtre de pondération A (voir chap. 5.2);
² Valeur de crête mesurée près de l'oreille (constante de temps «Peak» (crête), voir chap. 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

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

est multipliée par trois et le niveau de pression acoustique augmente de 10 dB.

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
0-1 dB	3 dB
2-3 dB	2 dB
4-8 dB	1 dB
>9 dB	0 dB

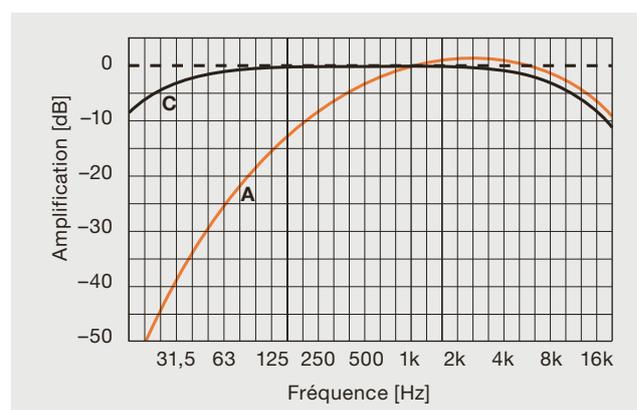
Tableau 4 Addition de niveaux sonores, en admettant que L_1 soit plus grand que L_2 .

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 CEI¹ 61672-1 pour tenir compte de la sensibilité différente de l'oreille selon les fréquences (voir

¹ CEI = Commission électrotechnique internationale



11 Filtres de pondération A et C

chap. 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).

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.

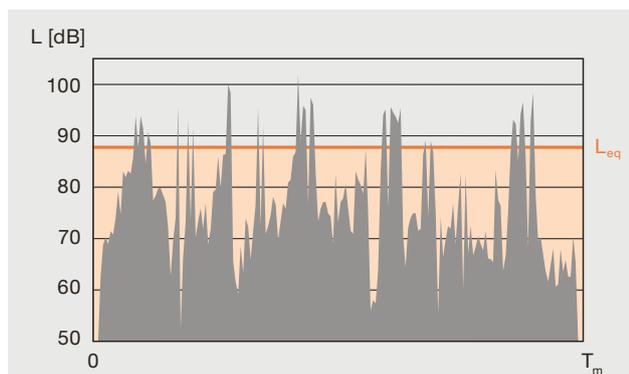
2.8.1 Niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}

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

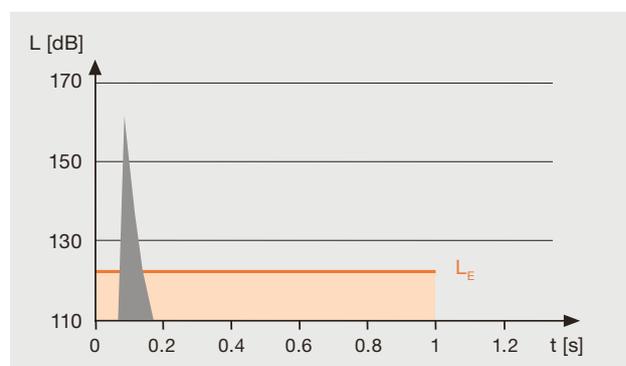
Formule 9



12 Evolution temporelle du niveau de pression acoustique $L(t)$ et du niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}

2.8.2 Niveau d'exposition sonore L_E

Le niveau d'exposition sonore 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).



13 Niveau d'exposition sonore 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. Il s'agit d'une valeur de mesure de l'énergie acoustique notamment utilisée pour évaluer l'impact sonore d'une détonation ou d'autres événements particuliers (figure 13).

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.

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

Formule 12

Le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} et le niveau d'exposition sonore L_E sont liés par le temps de mesure T_m selon formule 12.

Par ex., 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 h = 28800 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 chap. 2.5):

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

W : puissance acoustique en W
 W_0 : puissance acoustique de référence,
 $W_0 = 1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$

Formule 14

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

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:

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

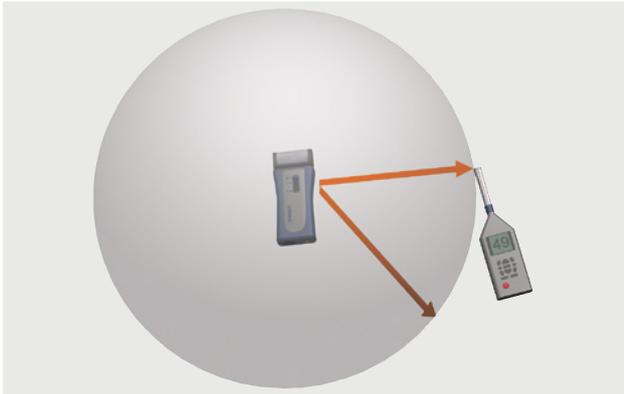
r : distance en m
 r_0 : distance de référence, $r_0 = 1 \text{ m}$

Formule 15

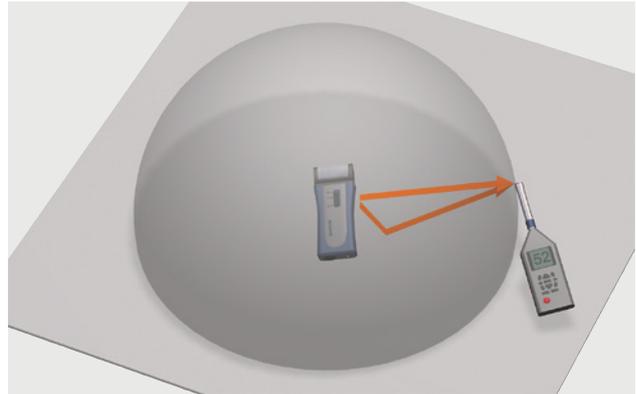
On obtient la valeur de 11 dB sur la base d'une sphère d'un rayon $r = 1 \text{ m}$ avec une superficie de $4\pi r^2 = 12,6 \text{ m}^2$ sur laquelle se propage la puissance acoustique de la source. Le niveau de pression acoustique sur cette superficie est donc de $10 \lg (12,6) \text{ dB} = 11 \text{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

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



14 Niveau de puissance acoustique et niveau de pression acoustique dans un champ sonore libre



15 Source sonore sur une surface, rayonnement hémisphérique

Un rayonnement dirigé entraîne, à une distance égale, un niveau de pression acoustique plus élevé qu'avec un rayonnement sphérique. Si par ex., 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).

Comme mentionné au chap. 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 chap. 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 chap. 2.6).

On ne peut pas mesurer directement le niveau de puissance acoustique. Il est cependant possible de le déterminer par ex. 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 «Mesurages des émissions acoustiques» (www.suva.ch/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 ex. nécessaire pour tenir compte des paramètres dépendants de la fréquence (par 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. Dans des graphiques, les fréquences sont affichées sur une échelle logarithmique. En revanche, les analyses par bandes étroites ou de Fourier s'effectuent dans une largeur de bande constante en utilisant une échelle linéaire.

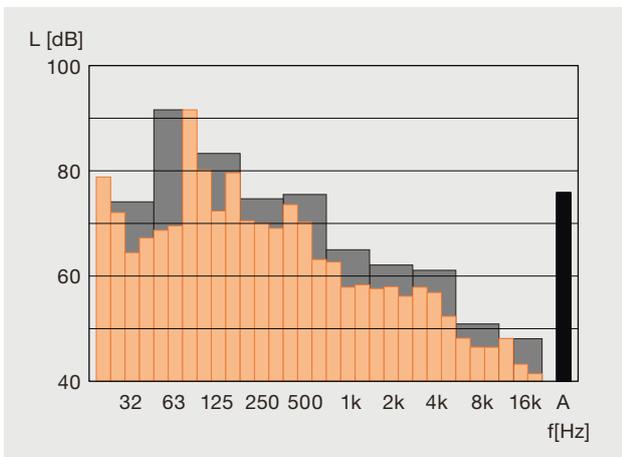
Pour les analyses sommaires, on travaille avec des bandes d'octave dont les fréquences centrales s'obtiennent par division ou multiplication par deux de la fréquence de référence de 1000 Hz selon la norme CEI 225: ... 31,5, 63, 125, 250, 500, **1000**, 2000, 4000, 8000, 16 000, etc.

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

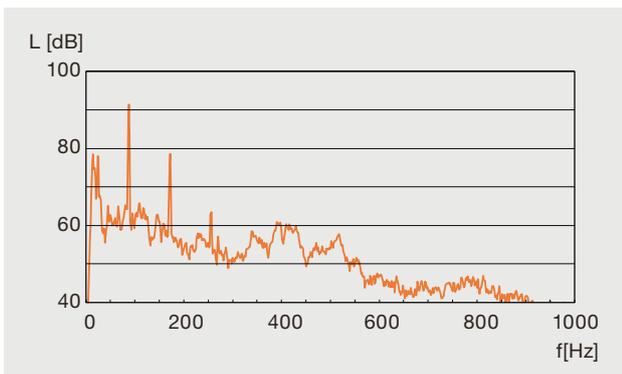
25	50	100	200	400	800	1600	3150	6300	12500
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
40	80	160	315	630	1250	2500	5000	10000	20000

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 en bandes d'octave ou de tiers d'octave 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.



16 Analyse par octave (en gris) et tiers d'octave (en orange) du bruit dans la cabine d'un avion à hélices.



17 Analyse en bande étroite d'un même bruit que dans la figure 16; niveau sonore pour les fréquences de 0 à 1000 Hz.

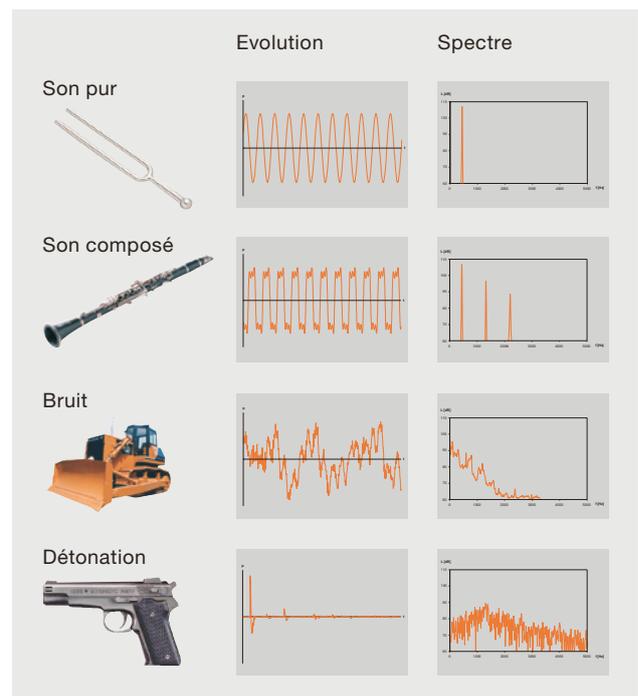
2.11 Signaux acoustiques

2.11.1 Son pur, son composé et bruit

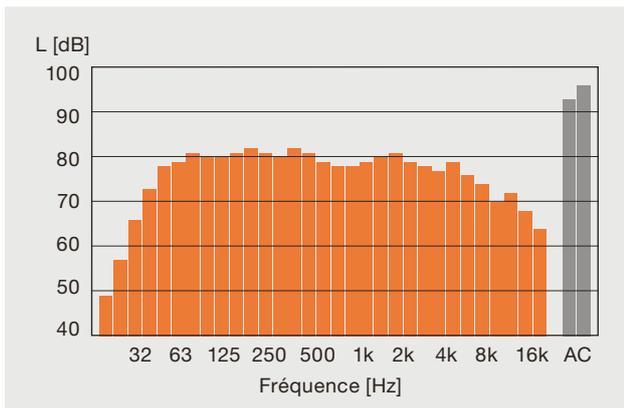
Le **son pur**, le **son composé** et le **bruit** diffèrent par la composante spectrale du signal (figure 18).

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

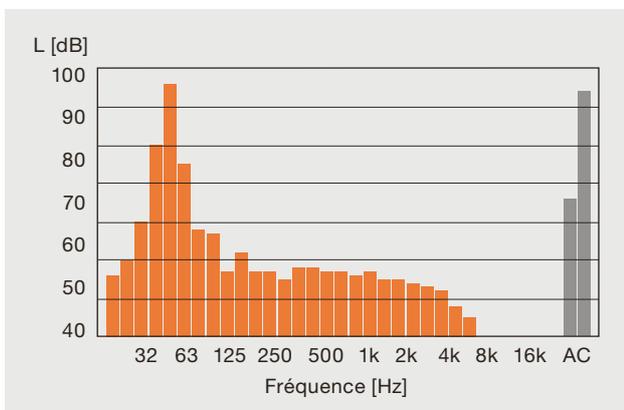
Le **son composé** contient un son fondamental et des harmoniques, à savoir des multiples entiers de la fré-



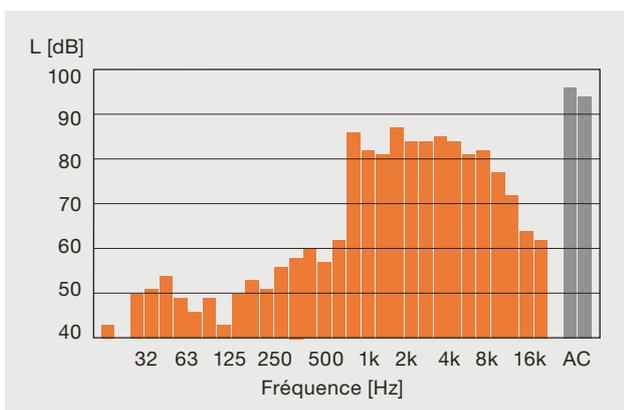
18 Son pur, son composé, bruit et détonation



19 Bruit à large bande



20 Bruit à basse fréquence



21 Bruit à haute fréquence

quence 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.

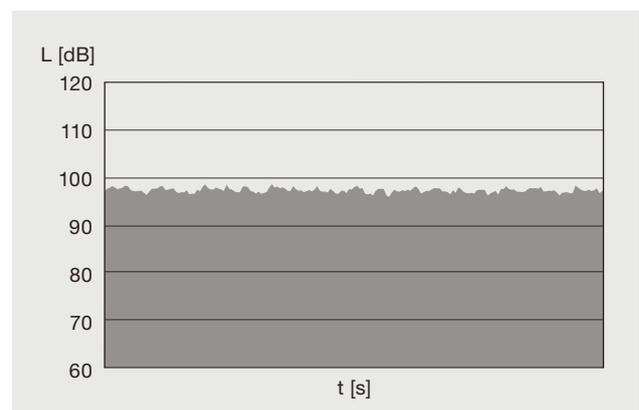
On utilise souvent dans les mesures acoustiques le «bruit rose» comme signal de mesure. Ce bruit se caractérise par un niveau sonore constant dans toutes les bandes d'octave et présente donc un spectre linéaire. En revanche, le niveau sonore d'un «bruit blanc» augmente de 3 dB par octave en fonction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

Il existe, en fonction du spectre, des bruits à large bande, à haute et basse fréquence (figures 19–21).

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 (figure 22). Exemple: groupe électrogène de secours fonctionnant à un régime constant avec un moteur Diesel.



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 fonctionnant à différents régimes. Par ex.: tronçonneuse au ralenti, puis en pleine puissance et en charge.

Le **bruit impulsif** est un événement sonore bref caractérisé par une haute valeur de crête de la pression acoustique (figure 24), par ex. coups, détonations, explosions.

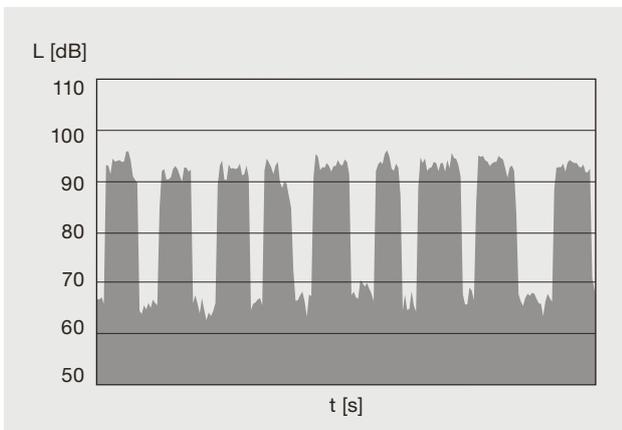
Les détonations dues à une arme sont des cas extrêmes

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).

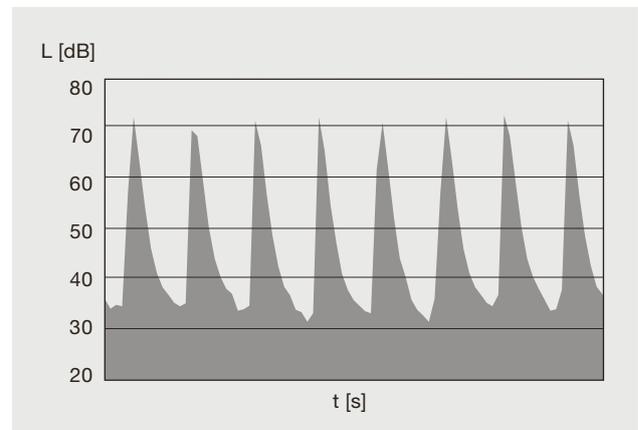
2.12 Champs acoustiques

2.12.1 Champ sonore libre

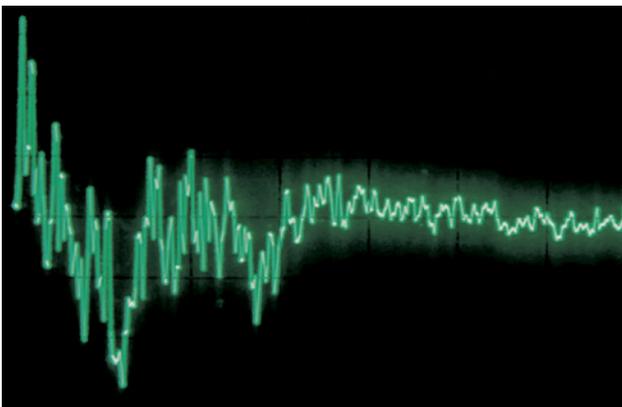
Lorsqu'il n'existe pas de surfaces limites ou que le bruit est absorbé efficacement par des surfaces limites, le son n'est que direct. C'est par ex. le cas en pleine nature, surtout avec un sol couvert de neige ou d'herbe, dans une chambre anéchoïde ou une pièce insonorisée.



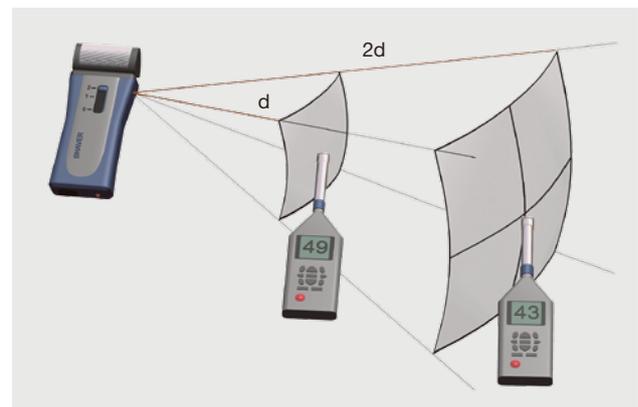
23 Bruit intermittent (signal d'avertissement)



24 Bruit impulsif pendant la conduite de pieux



25 Détonation produite par le déclenchement d'un airbag, niveau de pression acoustique de crête $L_{peak} = 160$ dB(C)



26 Diminution de la pression acoustique avec l'éloignement croissant d'une source ponctuelle

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.

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, par 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, par 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'ampleur 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

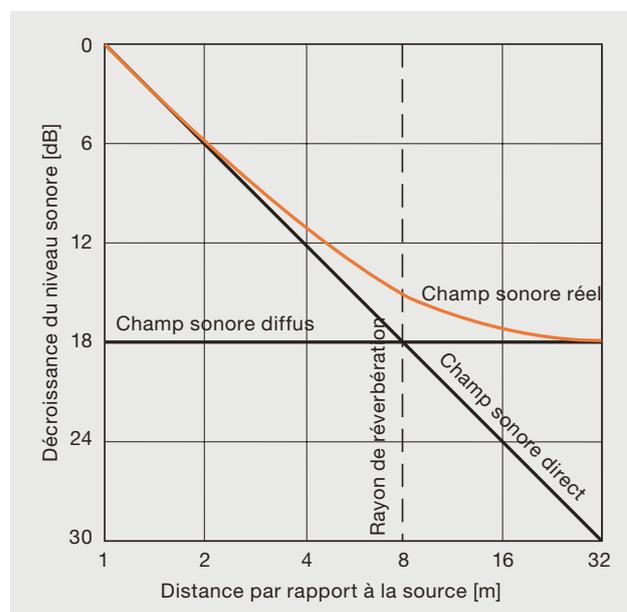
Des surfaces limites qui réfléchissent la plus grande partie du bruit sont nécessaires pour qu'il y ait un champ diffus. Les réflexions proviennent de toutes les directions et se suivent si rapidement qu'aucun écho particulier ne peut être perçu. Toutes ces réflexions forment ce qu'on appelle la **réverbération**, 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 chap. 2.3, l'absorption du son est fonction de la fréquence. Le temps de réverbéra-

tion varie donc selon la fréquence et est indiqué en bandes d'octave ou de tiers d'octave (ampleur 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).

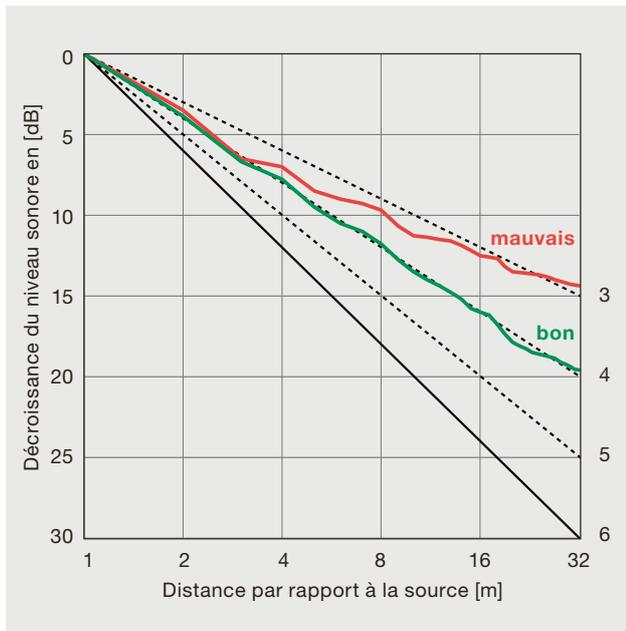
Le champ sonore diffus idéal est obtenu dans un local réverbérant. Les parois en biais et convexes sans absorption réfléchissent et diffusent le bruit de façon tellement uniforme que la pression sonore est pratiquement constante dans tout le local. Il est possible de déterminer dans de tels locaux la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



27 Superposition des champs sonores direct et diffus (rayon de réverbération de 8 m)



28 Différentes courbes de décroissance sonore spatiale

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.

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 chap. 7.5.2.

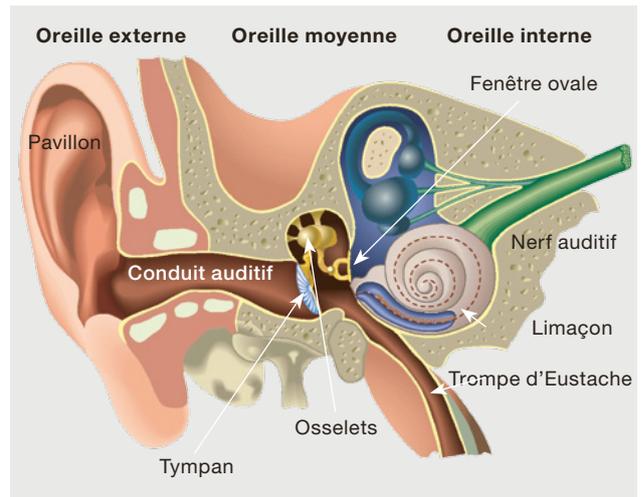
3 L'ouïe

3.1 Structure de l'oreille et audition

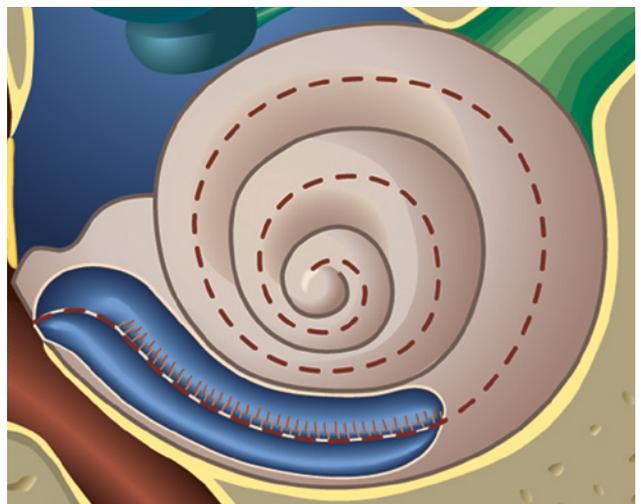
Au cours des plus de 100 000 ans d'évolution, l'ouïe est devenue un organe miniature ultraperformant dans lequel on trouve sur une très petite superficie quatre modes de transmission qui se complètent. Les ondes sonores sont collectées par le pavillon de l'oreille (figure 29) qui les modifie différemment 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.

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.

Ces mouvements sont captés par 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 15000 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



29 Coupe transversale du système auditif (sans échelle précise)



30 Cochlée (ou limaçon)

ses exceptionnelles qualités de résolution dans le domaine spectral et temporel ainsi que son extrême gamme dynamique.

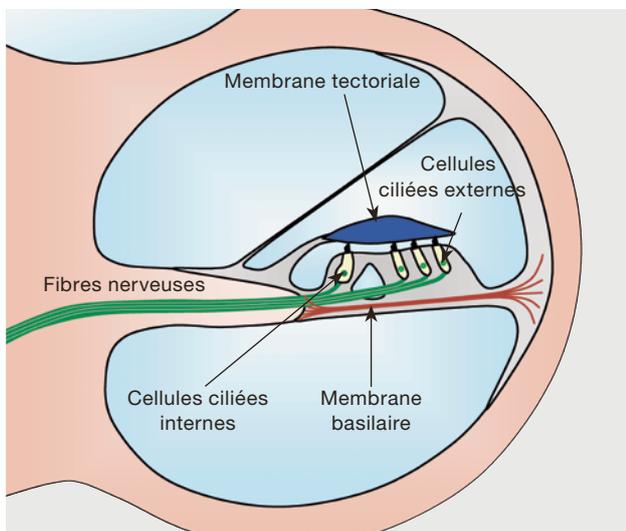
Les impulsions nerveuses produites sont enfin transmises du nerf auditif au cerveau où elles sont analysées. L'oreille humaine est extrêmement sensible. Nombre de nos ancêtres n'ont eu d'ailleurs souvent la vie sauve que grâce à la perception à temps de bruits très faibles. Elle est capable de traiter des signaux so-

noires 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.

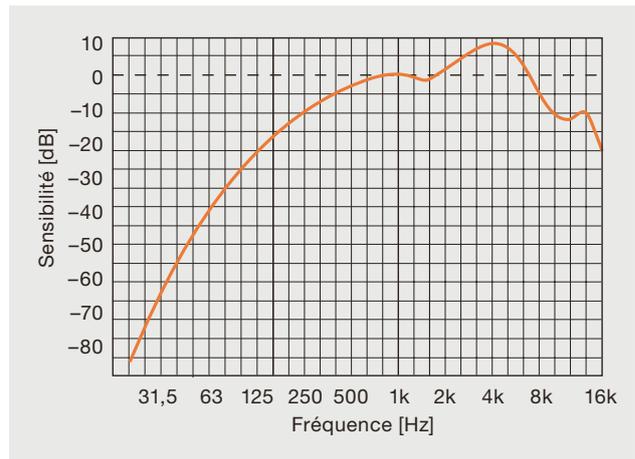
La transmission du son par l'oreille externe et l'oreille moyenne est d'une efficacité variable selon les fréquences. Les basses et les très hautes fréquences sont très atténuées lorsqu'elles atteignent l'oreille interne. La transmission est en fait optimale entre 1 et 6 kHz (figure 32). Cette gamme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

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



31 Coupe transversale de la cochlée (limaçon)



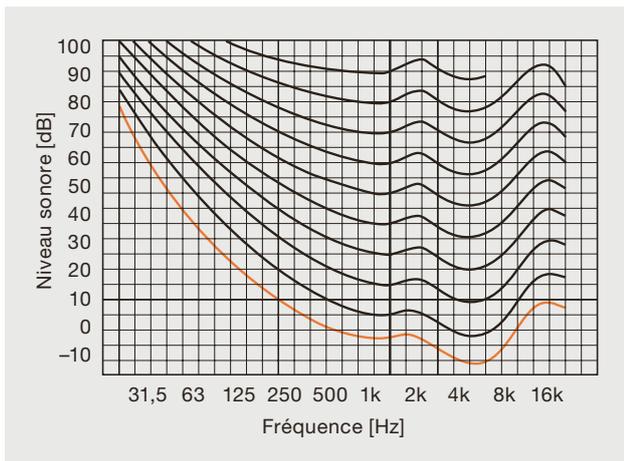
32 Réponse fréquentielle du champ libre à l'oreille interne via l'oreille externe et l'oreille moyenne

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 (par 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.



33 Seuil d'audition et lignes isophoniques (de même niveau d'intensité sonore)

La figure 33 présente le **seuil d'audition** (orange) 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.

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 (par ex. différents instruments de musique) d'un signal sonore complexe (par 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 «Nuisances sonores aux postes de travail» (www.suva.ch/66058.f).

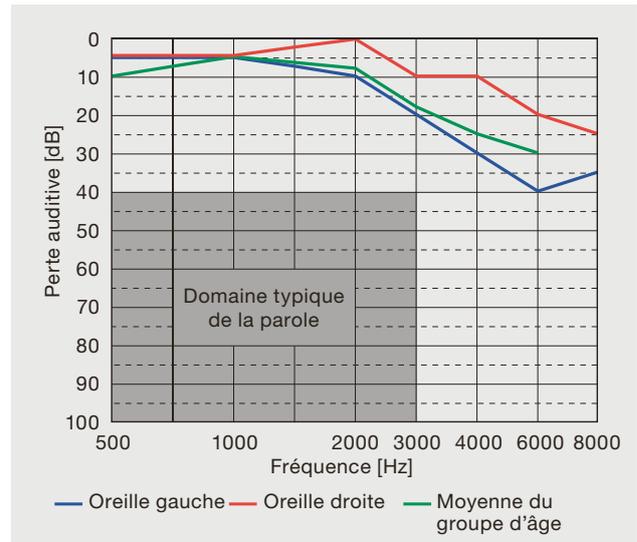
3.3 Examen audiométrique

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.

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. Le mé-



34 Examen audiométrique (audiométrie à son pur)



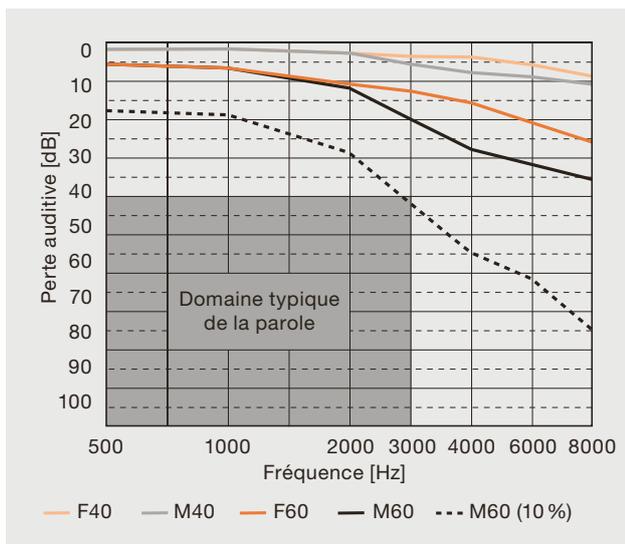
35 Audiogramme

de ce qui peut être déduit 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

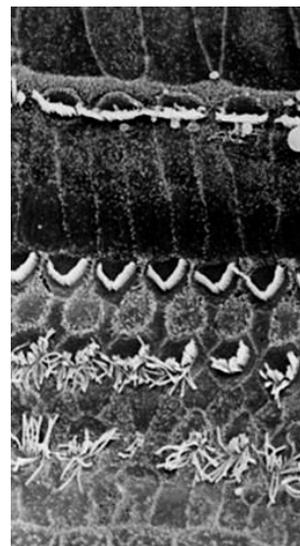
les plus élevées. Les hommes sont en général touchés plus tôt que les femmes. Ce processus de vieillissement se produit avant tout dans l'oreille interne. Un mauvais fonctionnement (raideur) du mécanisme de l'oreille moyenne peut entraîner aussi une baisse de l'acuité auditive dans les basses fréquences. 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. 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.



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



37a Cellules ciliées internes (en haut, un rang) et externes (en bas, trois rangs)



37b Des surexpositions sonores ont entraîné chez l'animal des dommages importants et parfois une disparition partielle des cellules ciliées

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.

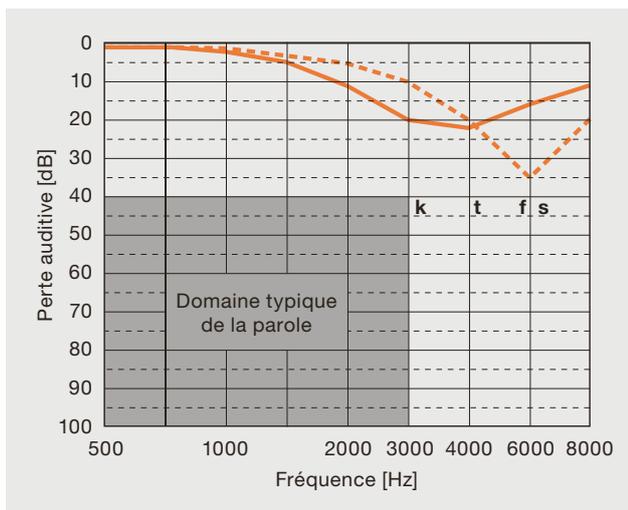
¹ T.T.S. = temporary threshold shift (déplacement temporaire du seuil d'audition)

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 irr versible².

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 (par 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 consonnes sifflantes, la sonnette d'une bicyclette ou le tic-tac d'une montre.

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



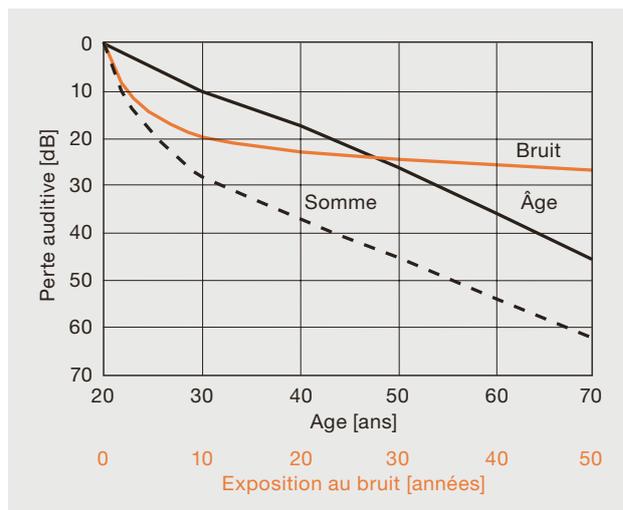
38 Lésion typique due à un bruit continu (—) ou impulsif (- -) avec indication des consonnes concernées

Les pertes auditives dues aux bruits impulsifs apparaissent souvent plutôt à 6 kHz qu'à 4 kHz (figure 38).

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).

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 particulier 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



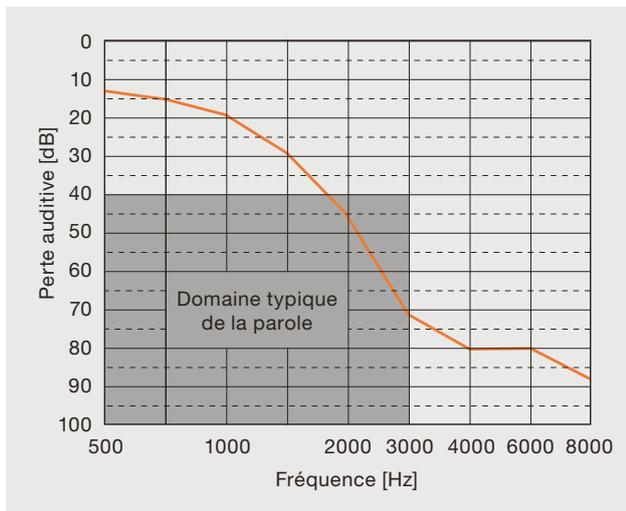
39 Evolution de la perte auditive à 4 kHz due au bruit et à l'âge chez les hommes exposés à un niveau sonore de 95 dB(A) (d'après ISO 1999–1990)

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 (www.suva.ch/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 le chap. 3.6).

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 IFA).

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



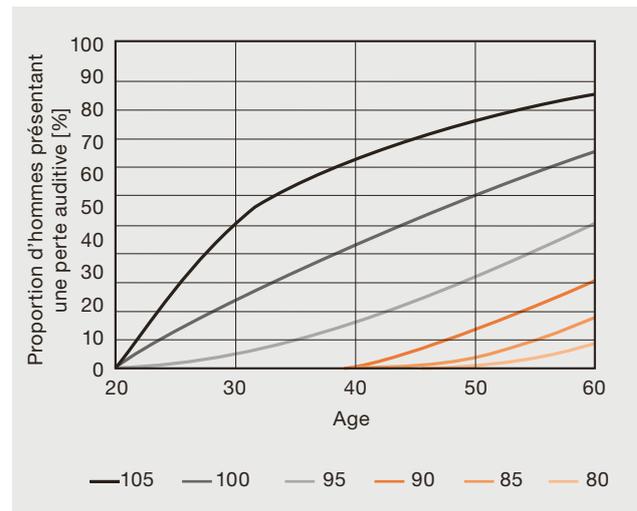
40 Audiogramme avec perte d'acuité auditive due à l'âge et au bruit

à les faire disparaître. Pour les personnes souffrant d'acouphènes, ces bruits permanents se manifestent en général dans un environnement silencieux, par ex. 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 bruit³.

Lors d'événements sonores impulsifs très forts, une sursollicitation mécanique de la membrane basilaire et des cellules ciliées s'ajoute à la sursollicitation du mé-

³ La publication «Musique et troubles de l'ouïe» (www.suva.ch/84001.f), indique comment éviter les lésions auditives induites par la musique.



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)

tabolisme de l'oreille interne. En l'absence de protecteurs d'ouïe, une détonation d'un fusil d'assaut, par ex., 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 dB⁴, 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 sonore 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 chap. 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),

⁴ Sans pondération en fréquence (linéaire)

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.

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 auditive. Il faut toujours comparer les courbes d'audibilité obtenues avec la perte auditive moyenne selon l'âge et le sexe (figure 36).

L'audiogramme (voir figure 35, p. 24) 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-AMA⁵ 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).

Pour l'évaluation, on utilise les valeurs de référence suivantes⁶:

- 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 ex. bruit de véhicule) ne sont pas perçus à temps;

⁵ Council on Physical Therapy – American Medical Association

⁶ En cas de lésion unilatérale, d'autres critères sont utilisés.

- il faut utiliser des systèmes d'alerte spécifiques pour que les signaux acoustiques d'alerte soient perçus même dans un milieu bruyant.

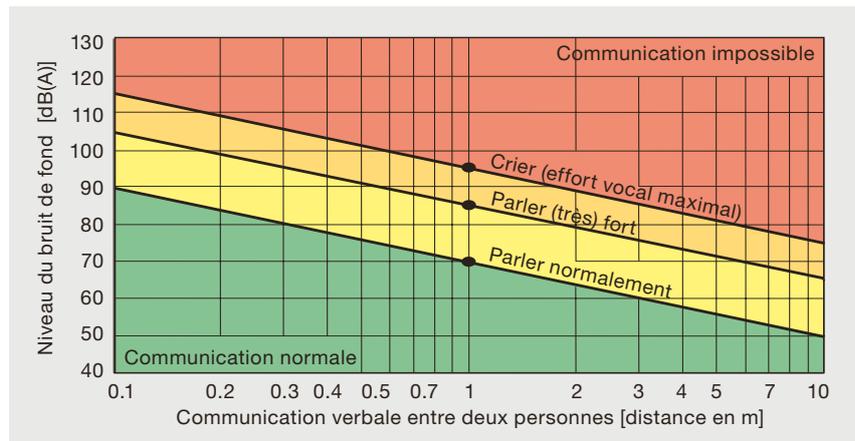
3.7.2 Gêne induite par le bruit

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

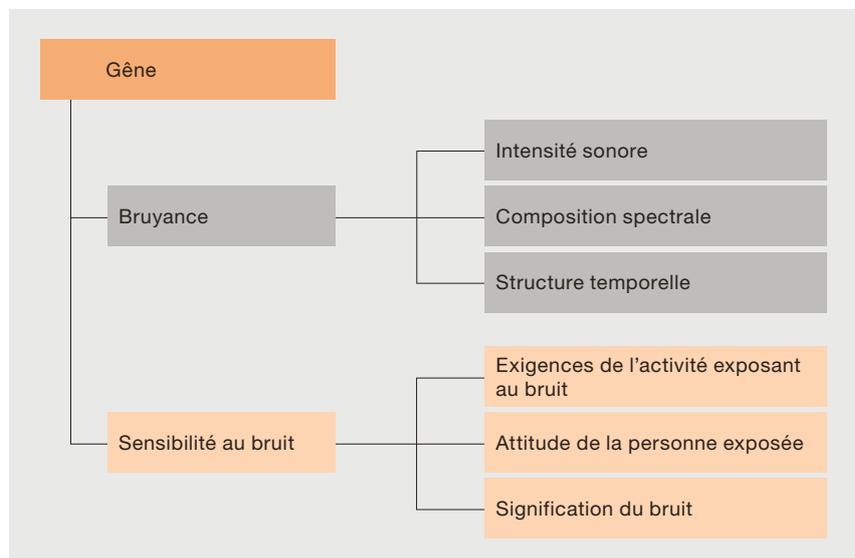
d'activité menée (par ex. tâches de routine ou tâches intellectuelles), l'attitude de l'individu face au bruit et à sa source ainsi que les prédispositions biologiques et psychologiques de la personne concernée.

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.

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.



43 Gêne induite par le bruit et effets du bruit



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.

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 détaillées sont disponibles dans la publication «Nuisances sonores aux postes de travail» (www.suva.ch/66058.f).

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 extraprofessionnelles. 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 pour certains produits
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

LSPro	Loi fédérale sur la sécurité des produits
LTr	Loi sur le travail
OBMa	Ordonnance sur le bruit des machines
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
OSLa	Ordonnance sur la protection contre les nuisances sonores et les rayons laser lors de manifestations (ordonnance son et laser)
OSPro	Ordonnance sur la sécurité des produits
SECO	Secrétariat d'Etat à l'économie
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
SN	Norme suisse

Les versions actuelles des textes législatifs et normatifs indiqués ci-dessus sont disponibles sur Internet (adresse: voir annexe 1).

Champ d'application	Postes de travail: risque pour l'ouïe	Postes de travail: nuisances sonores	Mise sur le marché de produits	Environnement
Législation	LAA	LTr	LSPro	LPE
Ordonnances	OLAA, OPA	OLT 3, OLT 4, OPM	OSPro	OPB, OSLa, OBMa
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, OFEV, Suva

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

4.2 Prévention des accidents et des maladies professionnelles

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

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

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

Art. 9 LAA: 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

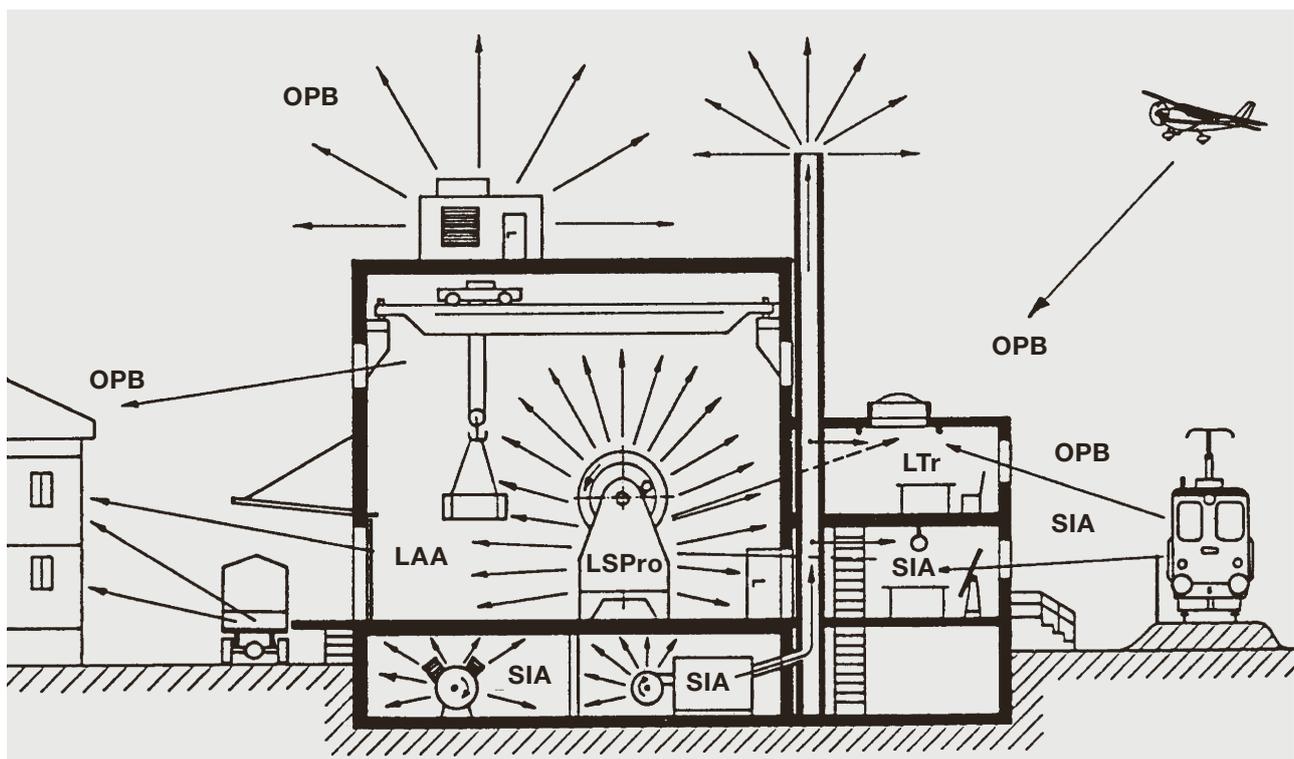
substances ainsi que celle de ces travaux et des affections qu'ils provoquent.

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).

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.



44 Bases légales à consulter selon le type de bruit.

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

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

Les chap. 3.5 et 3.6 de la présente brochure expliquent 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 professionnels figurent dans l'art. 82 LAA. Elles s'appliquent aussi à la prévention des lésions auditives dues au bruit aux postes de travail.

Art. 82 LAA: Règles générales

- ¹ L'employeur est tenu de prendre, pour prévenir les accidents et maladies professionnels, 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 professionnels.
- ³ Les travailleurs sont tenus de seconder l'employeur dans l'application des prescriptions sur la prévention des accidents et maladies professionnels. 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.

Art. 5 OPA: 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.

Art. 6 OPA: 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.

Art. 6a OPA: 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.

Art. 7 OPA: 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.

Art. 8 OPA: 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.

Art. 9 OPA: 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.

Art. 10 OPA: 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.

Art. 11 OPA

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.

Art. 11a OPA: 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.

Art. 11b OPA: 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) concrétise l'art. 11b al. 1 (voir chap. 4.3).

Art. 34 OPA: 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 art. 84 et 85 LAA, la Suva est autorisée à exiger des employeurs la prise de mesures particulières pour la prévention des accidents et des maladies professionnels. Les art. 70 à 80 LAA traitent de la prévention dans la cadre de la médecine du travail (notamment les contrôles auditifs). L'art. 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 régleme l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail dans les entreprises selon les art. 11a à 11g 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 spéciaux». 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 chap. 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 ex. 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 chap. 6) ainsi que des valeurs limites pour leur évaluation (voir chap. 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 protecteurs 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 (art. 6a LAA, voir chap. 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 (art. 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) réglemente 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 la séparation physique des zones de travail bruyantes et calmes ou sur l'installation de plafonds acoustiques (voir chap. 7.5).

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'art. 62 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 Sécurité des produits

La loi fédérale sur la sécurité des produits (LSPro) s'applique à la mise sur le marché de produits à des fins commerciales ou professionnelles. L'art. 3 LSPro indique les exigences en matière de sécurité:

Principe

Les produits doivent correspondre aux règles reconnues de la technique en matière de sécurité et présenter un risque nul ou minime pour la santé ou la sécurité des utilisateurs ou de tiers lorsqu'ils sont utilisés dans des conditions normales ou raisonnablement prévisibles.

De ce principe découlent pour les machines des exigences en ce qui concerne les émissions de bruits aériens (voir chap. 4.12) et les vibrations.

Lors de l'achat d'une machine, il est utile de définir les valeurs d'émissions sonores maximales autorisées. La publication «Mesurage des émissions acoustiques produites par les machines» (www.suva.ch/66027.f) regroupe des propositions pour formuler des exigences correspondantes (par ex. L_{WA} , L_{pA}).

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'art. 6 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

Les valeurs limites pour le bruit sont indiquées dans la publication «Valeurs limites aux postes de travail» (www.suva.ch/1903.f).

4.7.1 Bruit continu

Si le niveau d'exposition au bruit L_{EX} atteint ou dépasse 85 dB(A) (valeur d'action), des mesures M1 de protection contre le bruit doivent être prises (voir chap. 4.7.3).

Le niveau d'exposition au bruit rapporté à une année de travail L_{EX} , 2000h doit être inférieur à 85dB(A) (valeur limite d'exposition). Si cette valeur est dépassée, des mesures M2 de protection renforcée doivent être prises (voir chap. 4.7.3). Dans ce cas, les examens auditifs de prévention réalisés dans l'audiomobile sont également obligatoires pour les travailleurs jusqu'à l'âge de 40 ans.

4.7.2 Bruit impulsif

Si des événements sonores atteignent un niveau de pression acoustique de crête L_{Peak} de 135 dB(C) (valeur d'action), des mesures M1 de protection contre le bruit doivent être prises (voir chap. 4.7.3). Lors d'événements sonores de ce type, le niveau d'exposition acoustique global L_E ne doit pas dépasser 120 dB(A) au maximum sur une heure (valeur limite d'exposition). Si cette valeur

est dépassée, des mesures M2 de protection renforcée doivent être prises (voir chap. 4.7.3).

4.7.3 Mesures de protection contre le bruit

Les mesures de protection à prendre en fonction de l'exposition au bruit au travail sont énumérées dans les paragraphes qui suivent. A ce propos, veuillez consulter également le tableau synoptique illustré à la figure 89 (p. 79).

Mesures M1

- Définir les moyens de lutte antibruit selon la liste de contrôle «Bruit au poste de travail», (www.suva.ch/67009.f).
- 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.

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	≤ 65	≤ 55
Groupe 3: Activités essentiellement intellectuelles, exigeant une grande concentration	≤ 50	≤ 40

Tableau 9 Valeurs indicatives en fonction de l'activité selon le Commentaire de l'ordonnance 3 relative à la loi sur le travail

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.

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.

Vous trouverez de plus amples informations sur les protecteurs d'ouïe et le port obligatoire de ce type d'équipements de protection individuelle au chap. 8.

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 décrits ci-dessous.

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 (par ex. ventilations, compresseurs, chauffage) et les bruits provenant de l'extérieur (bruits et circulation dans l'entreprise).

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'infirmier	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

4.9 Autres critères d'évaluation du bruit

4.9.1 Ultrasons

Les ultrasons dans la bande de fréquences de 20 kHz à 100 kHz ne causent aucun dommage, dans l'état actuel des connaissances, si le niveau maximal L_{Fmax} dans cette bande de fréquences reste inférieur à 140 dB et que le niveau sonore permanent équivalent L_{eq} rapporté à une journée de travail de 8 heures est inférieur à 110 dB¹.

4.9.2 Infrasons

Les infrasons dans la bande de fréquences de 2 Hz à 20 Hz ne causent pas de lésions de l'ouïe, dans l'état actuel des connaissances, si le niveau maximal L_{Fmax} dans cette bande de fréquences reste inférieur à 150 dB et que le niveau d'exposition acoustique équivalent L_{eq} rapporté à une journée de travail de 8 heures est inférieur à 135 dB¹.

Si un niveau sonore permanent équivalent L_{eq} de 120 dB est dépassé, les infrasons peuvent causer une sensation de malaise.

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. 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, 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.

Si on utilise un autre point de mesure, par ex. 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 régit 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 chap. 4.7.

Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet sur www.suva.ch/bruit ou www.sonetlaser.ch.

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

La norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment» contient des exigences relatives à l'acoustique des bâtiments (par 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 aussi à l'acoustique des locaux scolaires et des salles de sport.

¹ Le niveau sonore des ultrasons et des infrasons doit être mesuré sans pondération en fréquence (linéaire).

4.12 Déclaration des émissions sonores 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 direc-

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 $L_{p\text{eak}}$ pondéré C dépasse au poste de travail 130 dB(C), il faut fournir en complément cette valeur d'émission.

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

Tableau 11 Déclaration du niveau sonore selon la directive «Machines» 2006/42/CE

tives européennes se rapportant au commerce international de produits, notamment la directive «Machines» 2006/42/CE 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.

Le fournisseur d'une machine doit indiquer la valeur des émissions sonores sur la machine ou dans la notice d'instructions et dans les documents commerciaux décrivant les caractéristiques de performance (2006/42/CE, chap. 1.7.4.2 al. u et chap. 1.7.4.3). Les valeurs d'émission de bruit à fournir figurent au tableau 11.

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 dans l'ordonnance sur le bruit des machines OBMA.

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

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

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

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

du à des agents physiques (bruit) du 6 février 2003, qui est entrée en vigueur le 15 février 2006 dans l'UE.

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.

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.

Mesures	Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action	Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action
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)

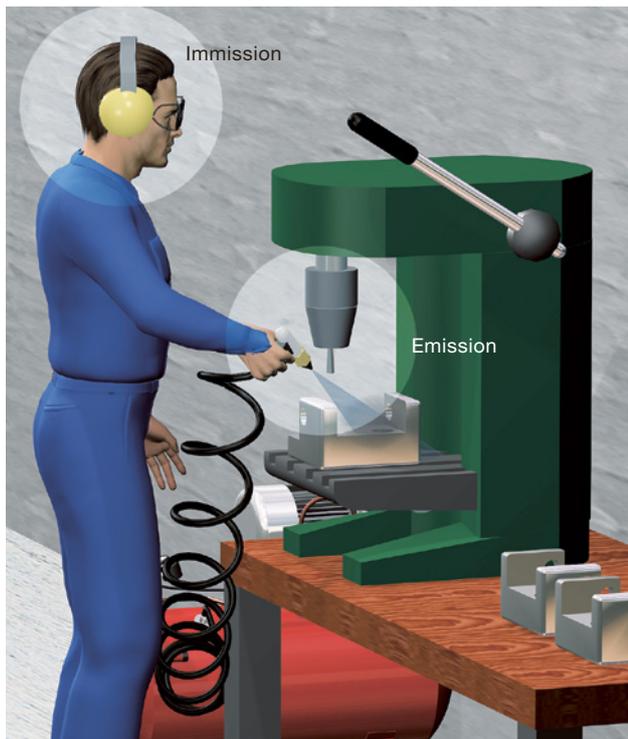
Tableau 13 Mesures obligatoires selon la directive européenne 2003/10/CE

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



45 Émission et immission sonores

le niveau sonore, dont l'énergie est représentative de l'exposition pendant le mesurage: c'est le niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} .

Les **mesures d'émission sonore** concernent la source en tant que telle. Il s'agit par ex. 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).

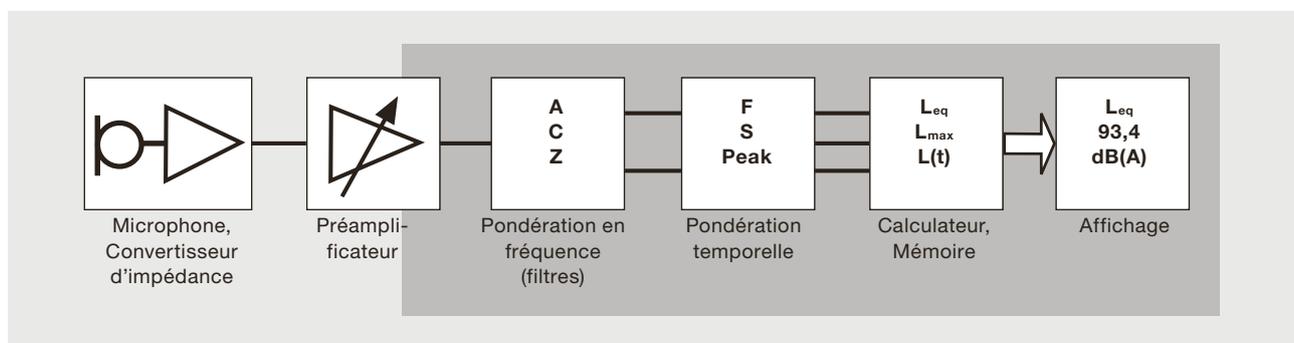
Le **microphone de mesure** réagit largement indépendamment de la direction. Il fournit une tension électrique proportionnelle à la pression acoustique. Généralement, on utilise des microphones à condensateur d'un diamètre d'un demi pouce (12,7 mm), possédant une sensibilité de quelque 50 mV/Pa et une 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.

Les **filtres de pondération A et C** (voir chap. 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 mesurer le niveau de pression acoustique de crête L_{CPeak} de bruit impulsif. 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 ex. sous la forme $L = x \text{ dB(A)}$ ou $L_A = x \text{ dB}$.



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	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 12500 (classe 1) ou 8000 Hz (classe 2) est exigée!

f [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
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

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.

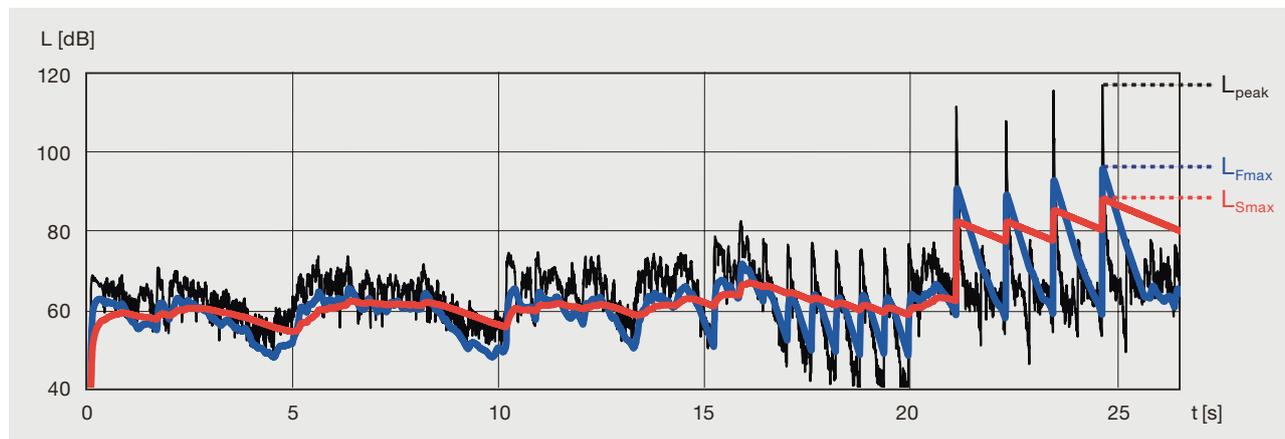
Noms	Abréviations	Redresseur ¹	Constantes de temps	Retour
Lente	Slow	S	Valeur efficace / RMS	1 s ²
Rapide	Fast	F	Valeur efficace / RMS	125 ms ²
Impulse	Impulse	I	Valeur efficace / RMS	35 ms ²
Crête	Peak (hold) ³	P	Valeur de crête / Peak	2 s ³

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.



47 Valeur de crête «Peak» (noir) et valeurs efficaces «Fast» (bleu) et «Slow» (rouge) d'un signal sonore

Lors de mesures du bruit aux postes de travail, l'évolution temporelle du niveau Fast ou Slow est rarement analysée, contrairement à leurs maximum L_{Fmax}/L_{Smax} et minimum L_{Fmin}/L_{Smin} .

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

Les **interfaces** numériques permettent la transmission des données à une imprimante ou à un ordinateur, le raccordement d'un écran 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 (par 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

Les smartphones avec microphone, convertisseur analogue-numérique, processeur de signal et affichage numérique réunissent les composantes nécessaires aux instruments de mesure acoustique. Il n'est donc pas étonnant de voir qu'il existe un grand nombre d'applications permettant de mesurer le bruit avec un smartphone. Des essais comparatifs ont toutefois montré que les instruments de mesure conventionnels étaient les seuls à fournir des résultats fiables.

On trouve des modèles simples (figure 48) à partir de 50 francs (!), mais ces appareils ne satisfont pas aux



48 Sonomètres bon marché



49 Sonomètre intégrateur à prix modique



50 Sonomètres intégrateurs de précision avec analyse spectrale et enregistrement sonore



51 Sonomètres

normes et ne fournissent que des résultats indicatifs. Alors que les prix des **modèles intégrateurs simples** (classe 2 selon EN 61672) varient entre 500 et 1000 francs, ceux des instruments de précision (classe 1) possédant d'innombrables possibilités de mesure et de sauvegarde de données peuvent atteindre jusqu'à 10 000 francs.

L'instrument de mesure idéal aux postes de travail est le sonomètre intégrateur qui permet de mesurer le niveau de pression acoustique continu L_{eq} (figure 49). La convivialité des touches correspondant à chaque fonction constitue un gage de sécurité pour l'utilisateur occasionnel.

Les **sonomètres intégrateurs professionnels** (figure 50) enregistrent simultanément différentes valeurs de mesure telles que le niveau de crête, le niveau maximal «Fast» et le niveau de pression acoustique continu L_{eq} , et ce souvent même en parallèle avec plusieurs pondérations en fréquence (A, C ou Z) ou une analyse spectrale.

Les **analyseurs multicanal** peuvent s'utiliser pour l'évaluation des émissions acoustiques des machines (voir chap. 4.5 et 4.12) ou du niveau sonore d'un événement (par ex. une détonation sur un banc d'essai physique ou électrique) enregistrés simultanément en



52 Microphone fixé sur un arceau utilisé pour mesurer la charge sonore à proximité de l'oreille d'une musicienne en train de jouer

différents points (à proximité de la source de bruit, à l'endroit le plus proche à l'extérieur d'une enceinte, dans une salle de contrôle).

Les **dosimètres** sont des sonomètres intégrateurs au format de poche offrant de nombreuses possibilités d'enregistrement des données (par ex. L_{eq} par minute). Ces instruments compacts sont particulièrement pratiques lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures de longue durée ou d'évaluer l'exposition sonore aux postes de travail mobiles (figure 51). Il existe des modèles avec un microphone intégré et d'autres avec un microphone relié à l'instrument par un câble et pouvant être fixé sur l'épaule ou le casque de l'utilisateur. Pour mesurer la charge sonore provenant d'une source à proximité de l'oreille telle qu'un instrument de musique (violon, alto, flûte traversière, harpe), il est conseillé de placer le microphone sur un arceau situé à une distance de 5 ou 10 cm de l'oreille de la personne. Les dosimètres doivent satisfaire aux exigences de la norme EN 61252. Les nouveaux modèles sont capables d'enregistrer des niveaux sonores allant de 40 à plus de 140 dB. Ils enregistrent souvent aussi la durée et la fréquence de dépassement d'un niveau donné ainsi que la durée de surcharge de l'instrument.

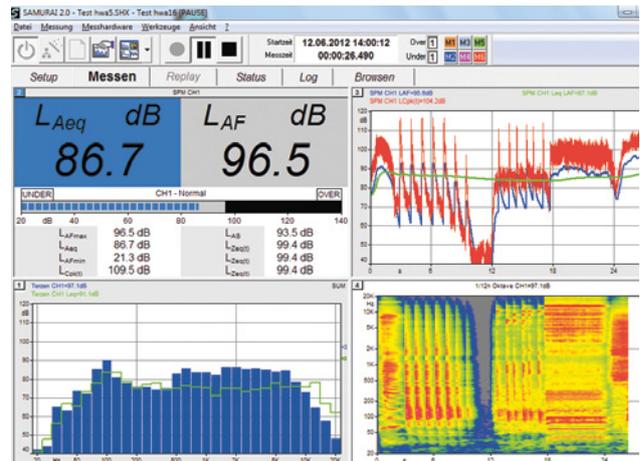
Les **sources sonores de référence** (pistonphone, calibre, figure 53) sont placées sur le microphone et



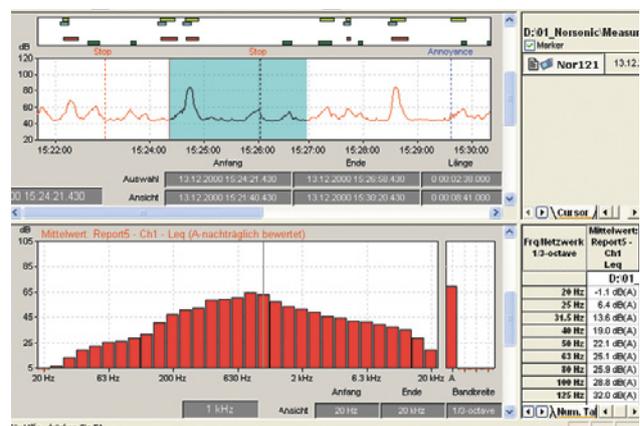
53 Sources sonores étalons et calibres

produisent une pression acoustique définie. Elles permettent de contrôler et d'ajuster au cas par cas la sensibilité ainsi que les fonctions de l'instrument sur l'ensemble de la chaîne de mesure. Les calibres avec microphone de référence incorporé sont plus stables que les modèles qui en sont dépourvus. Lorsqu'on utilise un son sinusoïdal de 1 kHz comme signal de référence, le choix du filtre de fréquence (A, C ou Z) n'exerce pas d'influence sur le niveau sonore mesuré (voir tableau 15, p. 43). Certains modèles possèdent une fonction de calibration intégrée, mais qui ne contrôle que les composantes électroniques des filtres et des amplificateurs de l'instrument de mesure. Le microphone constituant l'élément le plus sensible d'un sonomètre ne fait donc pas partie de ce contrôle. Le contrôle de l'état du microphone est possible uniquement pour certains modèles spécialement conçus pour une utilisation autonome en plein air.

Les sonomètres intégrateurs professionnels autorisent l'ajout d'un grand nombre de **fonctions complémentaires** en option (payante). Comme pour l'électronique de loisir, la miniaturisation touche aussi les sonomètres, et on trouve aujourd'hui sur le marché des instruments manuels à piles permettant de réaliser des analyses et des enregistrements détaillés (voir figure 54) qui étaient autrefois réservés aux instruments de laboratoire reliés au réseau électrique.

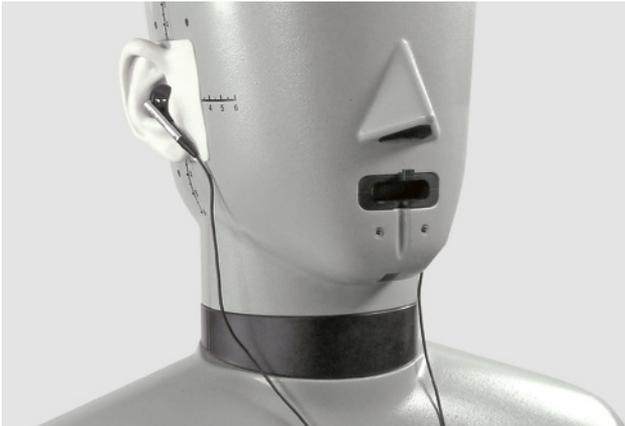


54 Différentes illustrations de niveaux sonores sur un analyseur multicanal



55 Logiciel permettant une analyse détaillée des mesures du niveau sonore

Les **analyses spectrales** montrent notamment les fréquences dominantes dans un bruit et permettent d'émettre des hypothèses concernant l'origine de ce dernier. Les analyses par octave, tiers d'octave ou en bande étroite constituent les plus courantes (voir chap. 2.10). De nombreux modèles sont également capables d'afficher des spectres différentiels, méthode utilisée entre autres pour le contrôle de la qualité des produits. Les analyses par octave ou tiers d'octave (et douzième partie d'octave) correspondent aux caractéristiques du processus de l'audition humaine.



56 Mesure du volume de restitution sonore d'un écouteur sur une tête artificielle

Les analyses en bande étroite¹ s'utilisent principalement dans la lutte contre le bruit pour établir un lien entre le rayonnement sonore et les phénomènes électriques et mécaniques dans une machine.

Pour enregistrer l'**évolution temporelle du niveau sonore** sur une période courte (mesure du temps de réverbération, etc.) ou plus longue (évolution temporelle du niveau sur 24 h, etc.), on utilisait autrefois des enregistreurs de niveaux. Cette fonction est aujourd'hui intégrée dans les sonomètres. L'analyse détaillée d'un événement ou d'un certain laps de temps peut se faire en utilisant des logiciels spéciaux sur un ordinateur (figure 55).

Sources sonores placées à proximité de l'oreille

La charge sonore d'un téléphone, d'un casque ou d'un écouteur ne se mesure pas avec un microphone conventionnel. Cette évaluation nécessite des instruments spéciaux tels qu'un **coupleur acoustique** ou une **tête artificielle** (figure 56) capable de reproduire

l'impédance (c.-à-d. la résistance du système auditif en fonction de la fréquence) de l'oreille humaine. Pour mesurer des niveaux sonores absolus corrects, les résonances produites dans le «conduit auditif» du coupleur ou de la tête artificielle doivent être compensées par une correction en champ libre. Les têtes artificielles utilisées pour les enregistrements ne conviennent pas à la mesure du niveau sonore d'une source de bruit placée sur l'oreille ou dans le conduit auditif, car elles ne peuvent pas reproduire l'impédance de l'ouïe humaine.

La technique MIRE (**m**icrophone **i**n **r**eal **e**ar) selon ISO 11904-1, qui utilise des microphones miniaturisés pour réaliser des mesures à proximité ou à l'intérieur de l'oreille humaine, profite certes de l'impédance d'un tympan réel, mais exige une correction en champ libre qui varie en fonction des individus et de la position du microphone.

Enregistrement sonore intégré

Les nouveaux appareils destinés à l'identification, à la documentation ou à l'analyse ultérieure détaillée en laboratoire de différents événements acoustiques offrent la possibilité d'enregistrer un signal sonore capté par le microphone de manière complète ou par exemple uniquement lorsque le niveau sonore dépasse une certaine valeur seuil. Les enregistrements s'effectuent au choix sans compression (wav, PCM) ou avec compression des données (au format MP3, wma, etc.) sur une carte mémoire. Les enregistrements avec compression des données devraient être exclusivement réservés à la documentation ou à l'identification des signaux sonores et ne jamais être utilisés pour des analyses ultérieures. Les enregistrements se font en principe avec un taux d'échantillonnage de 50 kHz et une résolution de 24 bits équivalant à un volume de données approximatif de 9 méga-octets par minute (sans compression).

Rappelons également qu'il est toujours utile d'écouter une fois le signal de mesure pendant ou après un mesurage, ce qui permet de repérer d'éventuelles interférences dues au vent, aux faux contacts ou au bruit solide et d'éviter des erreurs d'appréciation!

¹ Fast Fourier Transformation = Transformée de Fourier rapide

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 antivent 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.

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 (par 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 «Bruits des installations à ultrasons» sur www.suva.ch/66077.f).

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 chap. 2.7, figure 11, 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 $\frac{1}{3}$ en dessous du maximum. Au-delà de 10 dB, il est indispensable d'utiliser un sonomètre intégrateur.

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

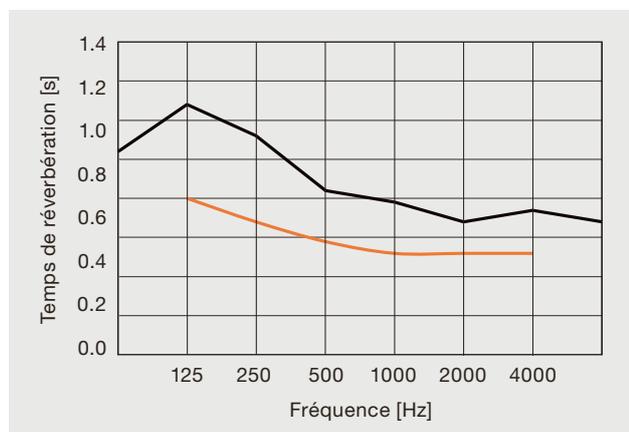
Tableau 18 Différence de niveaux dB(C) – dB(A) pour estimer la fréquence

Il est important que la durée de la mesure soit représentative, c'est-à-dire qu'elle englobe au minimum un cycle de travail. Des mesures répétées dans des situations identiques permettent d'évaluer la précision des données.

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.);



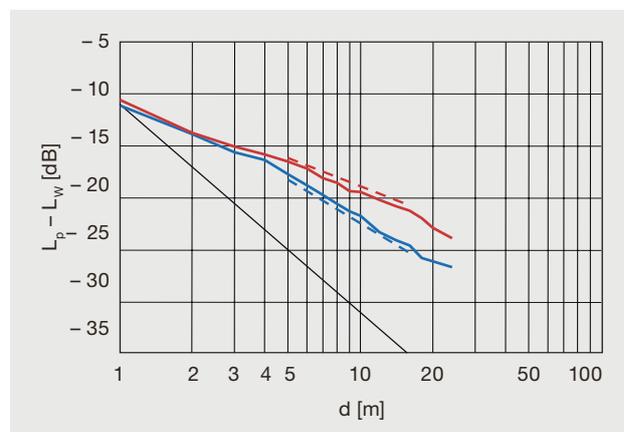
57 Temps de réverbération

- 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;
- diagrammes, analyses spectrales.

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

5.5 Mesures du bruit effectuées par la Suva

Pour mesurer l'exposition sonore aux postes de travail, les spécialistes de la Suva utilisent des sonomètres intégrateurs de précision avec analyse de fréquence et enregistrement des données et appliquent les stratégies de mesure prévues en fonction des différentes activités considérées (voir chap. 6.1.2, p. 52). Pour certaines activités complexes (personnel d'exploitation d'une centrale électrique, installation d'incinération des déchets, etc.), les mesures s'effectuent avec des dosimètres. Le mesurage du bruit offre aussi l'occasion de contrôler les pratiques préventives des entreprises et



58 Courbes de décroissance sonore spatiale
Rouge: salle avec une mauvaise acoustique, DL2 = 2.7 dB
Bleu: salle avec une bonne acoustique, DL2 = 4.2 dB

de définir des mesures techniques ou individuelles de protection au cas par cas pour les travailleurs.

Des microphones et des sonomètres spéciaux sont utilisés pour la mesure des ultrasons, infrasons et détonations. Pour les mesures pour les écouteurs, radio-téléphones, 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 mesurages destinés à protéger les travailleurs, l'entreprise reçoit une confirmation écrite des mesures de protection requises ainsi que du délai de mise en œuvre correspondant.

Lorsque la mesure effectuée vise principalement à contrôler l'exposition au bruit, le rapport de mesure (voir chap. 6.4) indique 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 l'acoustique d'une salle, le rapport de mesure mentionne les temps de réverbération dans les différentes bandes de fréquence (voir figure 57) ou la courbe de décroissance sonore spatiale (voir figure 58). Le cas échéant, il y a une carte de bruit (voir figure 78, p. 69) qui représente la répartition spatiale des niveaux sonores.

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.



59 Le niveau sonore varie pour certaines professions selon les saisons.

Lorsqu'on observe par ex. 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 penant plusieurs années, L_{EX} doit en général être compris comme $L_{EX,2000h}$.

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 chap. 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. La norme ISO 9612 décrit trois stratégies de mesurage. La figure 60 montre différents démarches.

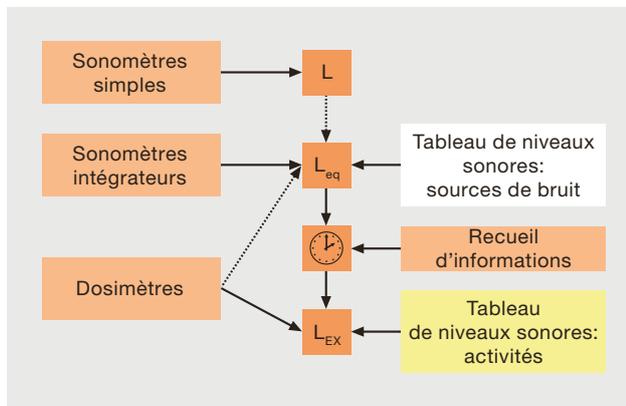
¹ ISO 1999, édition 2013-10 «Acoustique – Estimation de la perte auditive induite par le bruit»

² SN EN ISO 9612 «Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail

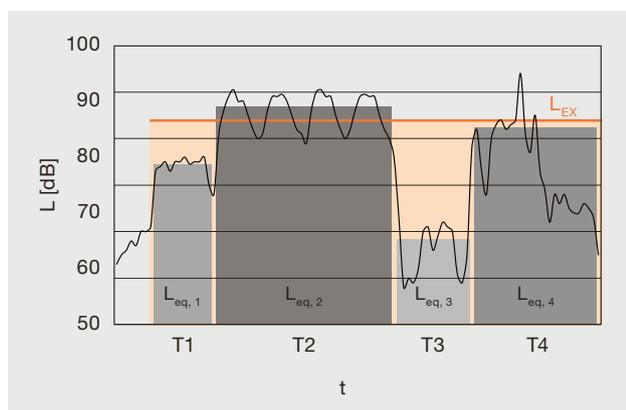
Mesurage basé sur la tâche

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).



60 Méthodes à disposition pour déterminer le niveau d'exposition au bruit



61 Expositions à divers bruits et niveau d'exposition au bruit L_{EX}

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} 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).

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

$L_{eq,i}$: 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

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

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

Formule 17

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

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

Formule 18

Mesurage sur une journée entière

Une autre méthode pour déterminer le L_{EX} consiste en une mesure de longue durée (par ex. 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.

Mesurage basé sur la fonction

La troisième stratégie de mesurage définie dans la norme ISO 9612 est assez complexe et n'est pas décrit ici.

6.1.3 Niveaux d'exposition quotidien et annuel

Comme indiqué au chap. 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 (voir aussi chap. 8).

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 ex. 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/86173.f).

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.

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).

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

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). On obtient le même résultat avec la formule 16 (voir formule 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 $\rightarrow L_{EX} = 86$ dB(A)

Si l'on compare ce résultat avec les valeurs limites mentionnées au chap. 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 chap. 4.7.3).

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

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

Formule 20

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 : 50 semaines par an = 0,36 h/semaine.

Nombre moyen d'unités de bruit par heure:
36 unités/semaine : 40 h/ semaine = 0,9 unités/h
d'où L_{EX} d'après tableau 19:
0,9 unités/h $\rightarrow L_{EX} = 80$ 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 une 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 unités/j : 8 h/j = 5 unités/h
d'où L_{EX} d'après tableau 19:
5 unités/h $\rightarrow L_{EX,8h} = 87$ dB(A)

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 $L_{EX,8h} = 90$ dB(A).



62 Le port de protecteurs d'ouïe est-il nécessaire lorsqu'on utilise un souffleur de feuilles?

Lieux, machines activités	L_{eq} dB(A)	Unités/h [A]	h/jour. [B]	Unités/sem. [A 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/sem. [A 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 une tondeuse

6.2 Appréciation de l'exposition au bruit impulsif

6.2.1 Bases d'appréciation

Comme indiqué au chap. 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 sonore L_E les détonations, les explosions, etc. dont le niveau de crête dépasse 135 dB(C).

Les mesures à prendre a posteriori figurent au chap. 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 chap. 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 chap. 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.

Source de bruit, événement sonore		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	examen obligatoire
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

6.3 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:

- appréciation au moyen des tableaux de niveaux sonores de la Suva,
- mesurage par l'entreprise avec un sonomètre lui appartenant ou prêté par la Suva,
- 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 de niveaux sonores publié par la Suva. Dans de nombreux cas, il est possible d'effectuer une appréciation du risque pour l'ouïe aux postes de travail sur la base des tableaux de niveaux sonores.

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 (tél. 041 419 61 34, e-mail: akustik@suva.ch).

6.3.1 Appréciation du risque au moyen des tableaux 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. 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 chap. 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 chap. 6.5.2) et d'une analyse des temps d'exposition.

La liste des tableaux de niveaux sonores se trouve à l'adresse www.suva.ch/86005.f.

Si vous avez des questions relatives à l'utilisation de ces tableaux ou si toutes les situations sonores de l'entreprise ne se retrouvent pas, 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 à l'adresse www.suva.ch/cours.

Des informations détaillées relatives aux méthodes de mesure du bruit et aux procédures à suivre sont indiquées au chap. 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 de la Suva consacrée au 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 ca-

ractéristiques 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 recueillies sur le niveau sonore des différents postes de travail et des machines sont aussi archivées dans la base de données de la Suva consacrée au bruit. Elles permettent de vérifier annuellement les tableaux de niveaux sonores et de les actualiser si nécessaire. Ainsi, on s'assure que les tableaux de niveaux sonores 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 (figure 63) 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 (voir tableau 63). On y trouve aussi des renseignements importants en vue d'un examen auditif ultérieur dans une audiomobile de la Suva pour le personnel exposé professionnellement au bruit. Le tableau avec le résultat des mesures comprend une **évaluation** succincte **selon les fonctions** 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} .

Outre la description des conditions générales de mesure du bruit (division, machine, activité), chaque rapport mentionne aussi le niveau maximal L_{max} avec l'analyse temporelle «Fast», la différence $L_{\text{C}} - L_{\text{A}}$ entre le niveau acoustique pondéré C et A ³ ainsi que le niveau de pression acoustique continu L_{eq} . Lorsque les travailleurs ne sont pas exposés en permanence au bruit examiné, le niveau d'exposition au bruit L_{EX} se calcule à partir de la durée d'exposition (Exp.) exprimée en pourcentage.

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.

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 une audiomobile de la Suva (voir tableau 24, p. 61).

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

³ Sert à évaluer la nécessité d'utiliser des protecteurs d'ouïe offrant une atténuation particulièrement élevée dans la gamme des basses fréquences.

Appréciation selon les fonctions

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

Mesurages

Division, machines, activités	Remarques	$L_{min}-L_{max}$ dB(A)	$L_C - L_A$ dB	L_{eq} dB(A)	Exp. %	L_{EX} dB(A)
Imprimerie						
Imprimante de formulaires 334						
Processing		90	2	88	25	
Imprimantes		91	1	89	75	89
Imprimante de formulaires 333						
Poste de commande		89	2	89	90	
Imprimantes		92	3	87	20	89
Traitement ultérieur de l'impression						
Machine 422 HPF						
Sortie		88	0	85	90	
Bruit de fond	GP	83	3	81	10	85
Fabrication de bloc-notes						
Machine à ligner 328 Bravo		92	1	87	100	87
Machine bloc-notes 520 Bufalo						
Chargement		94	2	86	75	
Sortie		89	4	81	25	85
Entretien						
Mécanicien						83
Bruit de fond de la production				85	30	
Travaux de mécanicien				80	60	
Soufflage aux pistolets à air comprimé		97	-1	91	1	
Centrale de chauffage	GP	94	8	88	5	
Entretien des compresseurs		95	12	93	1	

63 Rapport de mesure portant sur les mesurages effectués dans une entreprise; niveaux d'exposition au bruit L_{EX} pour différentes fonctions et niveaux sonores mesurés aux différents postes de travail

6.5 Tableaux de niveaux sonores

Contrairement au rapport de mesure, les tableaux de niveaux sonores 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 (figure 64), 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 (figure 65).

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 tableaux de niveaux sonores le niveau d'exposition au bruit L_{EX} du poste de travail examiné et les mesures **M** à prendre (voir chap. 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 une audiomobile de la Suva (tableau 24).

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

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 tableaux de niveaux sonores avec la situation de l'entreprise.

6.5.2 Niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq}

La seconde partie des tableaux de 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 chap. 6.4) soit de niveaux sonores de postes de travail **AP** à proximité de machines et d'autres sources de bruit.

Fonction professionnelle	L_{EX}	M	Aud
Atelier de découpage			
Coupeur (acier)	83	-	-
Coupeur (aluminium)	95	2	A
Découpeur au chalumeau	86	2	(A)
Forge			
Forgeron	95	2	A
Atelier de pliage			
Chanfreineur	83	-	-
Atelier d'estampage			
Régleur	86	2	(A)
Estampeur (presses à excentriques)	90	2	A
Estampeur (presses hydrauliques)	86	2	(A)
Usinage mécanique			
Mécanicien de machines	80	-	-
Atelier de serrurerie			
Serrurier	95	2	A
Atelier de soudage			
Soudeur par points	83	1	-
Soudeur à robot de soudage	80	-	-
Soudeur sans outils à main	86	2	(A)
Soudeur avec outils à main	95	2	A

64 Tableau de niveaux sonores: serrurerie, construction métallique, grosse chaudronnerie (www.suva.ch/86238.f); niveau d'exposition au bruit L_{EX} selon les fonctions

Les niveaux de pression acoustique continu équivalents L_{eq} peuvent servir à une appréciation du risque d'activités pour lesquelles le tableau de 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 chap. 6.1 comment effectuer ces calculs.

Sources de bruit, zones et activités	L_{eq} dB(A)	
	GP	AP
Dépôt de matériaux	75	
Atelier de découpage	83	
Scies circulaires à métaux pour l'acier		83
Scies circulaires à métaux pour le métal léger		95
Scies à archet à métaux		80
Tronçonneuses à disque		100
Cisailles à guillotine jusqu'à 3 mm		83
Cisailles à guillotine 3 - 8 mm		86
Cisailles à guillotine > 8 mm		90
Postes d'oxycoupage		90
Forge	90	
Forgeage à la main		95
Marteaux-pilons		100
Presses hydrauliques		83
Presses à forger		95
Atelier de pliage, d'estampage	86	
Presses à plier		83
Presses à excentriques, presses		90
Usinage mécanique	80	
Tours, fraiseuses, perceuses, raboteuses		80
Dégrossissage des grosses pièces		90

65 Tableau de niveaux sonores: serrurerie, construction métallique, grosse chaudronnerie (www.suva.ch/86238.f); niveau de pression acoustique continu équivalent L_{eq} pour diverses machines, activités et zones de travail

7 Mesures techniques de lutte contre le bruit

7.1 Bases légales

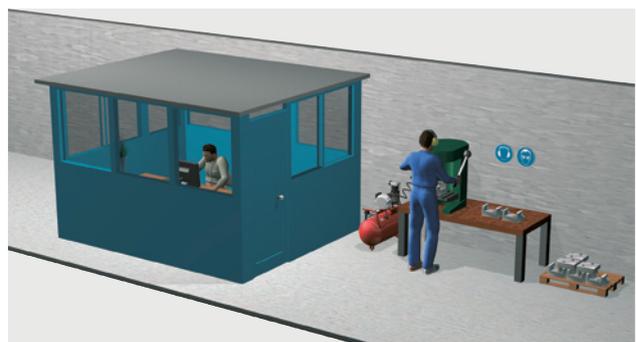
Les bases légales des mesures techniques de lutte contre le bruit sont décrites en détail au chap. 4.2. L'art. 34 OPA sur le bruit et les vibrations y tient une place importante. Un outil permettant de satisfaire efficacement aux exigences de l'OPA a été créé avec la directive CFST 6508 relative à l'appel 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 al. 1 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.

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, réfléchie 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» (www.suva.ch/67009.f).



66 Les trois grands types de mesures contre le bruit: suppression du bruit à la source, encoffrage de la source sonore ou protection individuelle

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 chap. 7.4 à 7.6. La présente brochure ne traite pas en détail de la lutte contre le bruit. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet dans la publication «Lutte contre le bruit des machines et des installations. Instructions pour les concepteurs et les ingénieurs de développement» (www.suva.ch/66076.f).

7.4 Source du bruit: 1^{re} priorité

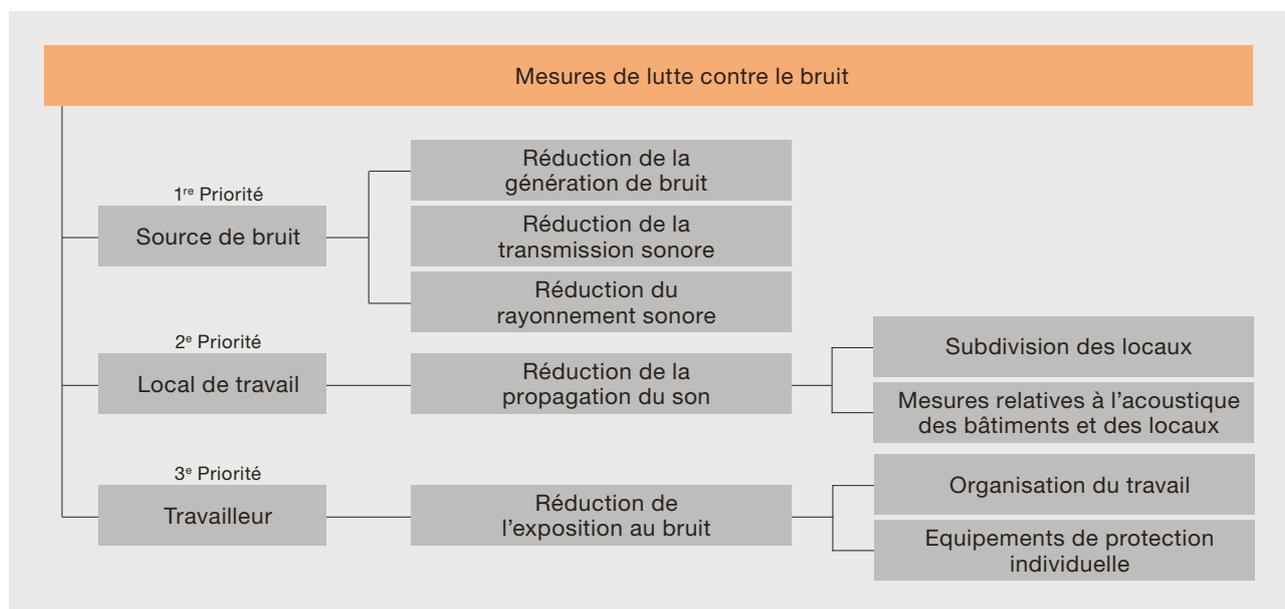
Les mesures de lutte contre le bruit de cette catégorie sont dites primaires, car elles se fondent sur la réduction du bruit à sa source. Elles sont à choisir en priorité si cela est possible.

7.4.1 Réduction du bruit généré

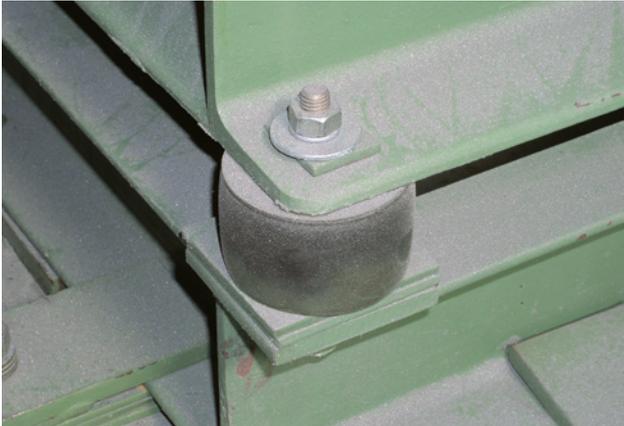
Il est possible de réduire le bruit généré en utilisant des machines et des procédés de travail moins ou peu bruyants.

La législation (voir chap. 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 amélio-



67 Mesures de lutte contre le bruit



68 Element en caoutchouc pour la suspension d'un ventilateur



69 Joints en matière synthétique pour la conduite d'évacuation de l'air d'une unité de fabrication

rations 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 par 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 (par ex. rigidification) et usinage correct (par ex. équilibrage, polissage des surfaces);
- choix des matériaux adaptés;
- faible résistance hydrodynamique;
- remplacement des procédés bruyants par des procédés plus silencieux (par ex. utilisation de pistolet à air comprimé peu bruyant);
- entretien régulier (par 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 solide à une structure pouvant transmettre à son tour ce son à des surfaces réfléchissantes.

Mesures générales possibles:

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



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).



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

7.4.3 Réduction du rayonnement sonore

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter la transmission du son solide 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 ex. par renforcement, par l'ajout de revêtement aux surfaces ou l'installation de surfaces perforées (court-circuit acoustique);
- encoffrage partiel des machines (figure 70).

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 (par ex. presses automatiques, broyeurs de déchets plastiques, centrale à énergie totale équipée), comme l'illustrent les figures 71 à 74.

La publication «Des enceintes pour lutter contre le bruit» fournit des informations détaillées pour la planification et la conception d'encoffrages (www.suva.ch/66026.f).

Il arrive que des installations à encoffrer soient trop grosses (par ex. 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).

7.4.5 Manutention

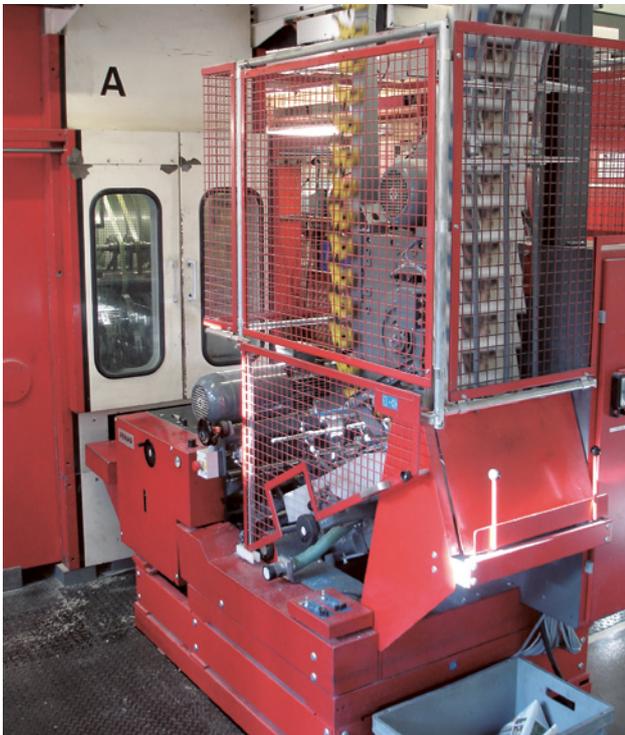
Les mesures de lutte contre le bruit lors de la manutention de matériaux ne peuvent pas être classées systématiquement comme indiqué dans les chap. 7.4.1 à 7.4.3. Les mesures de réduction du niveau sonore agissent selon les cas sur le niveau généré (par ex. réduction de la hauteur de chute) ou sur le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



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).



74 Rectifieuse plane totalement encoffrée servant à la fabrication de revêtements de sols.



73 Rotative avec plieuse encoffrée. Le niveau sonore a été réduit de 98 à 84 dB(A).



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.



76 Bande transporteuse d'un broyeur de déchets de plastique



77 Broyeur de déchets de plastique dans un local séparé

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 ex. 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 décrits ci-dessous.

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 (par 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:

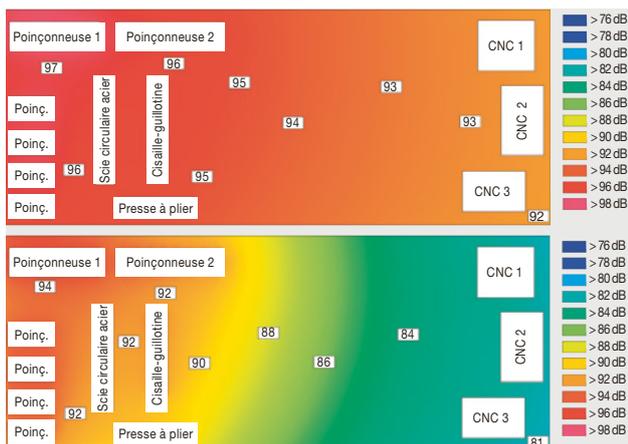
- limitation de la propagation du son, par ex., grâce à la subdivision des locaux ou l'installation de parois de séparation (figures 76 et 77);
- concentration spatiale des sources de bruit.

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



78 Comparaison de la diffusion du niveau sonore dans un local de fabrication avec (en bas, DL2 = 4,3 dB) et sans (en haut, DL2 = 2,1 dB) plafond acoustique

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 (par 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 ex. 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



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.

niveau de puissance acoustique de chaque machine et des propriétés acoustiques des surfaces délimitant les locaux (par ex. 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 produit 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).

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 3 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 à l'adresse www.suva.ch/66008.f.



80 Plafond acoustique dans un atelier de soudage d'aluminium



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

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 entraînés sont traités au chap. 8.



82 Plafond acoustique dans une entreprise de l'industrie textile

8 Equipements 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 Mise en œuvre pratique de l'obligation de porter des protecteurs d'ouïe

De nombreuses entreprises appliquent avec succès la règle ci-dessous.

«Le port de protecteurs d'ouïe est obligatoire à partir d'un niveau sonore L_{eq} de 85 dB(A).»

Cette règle est plus stricte que la valeur limite fixée pour le bruit aux postes de travail (voir chap. 4.7), mais elle a l'avantage d'être simple et efficace.

8.3 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 lésion auditives, effets d'une lésion auditive dans la vie de tous les jours (voir chap. 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;

- 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.

Il est indispensable d'expliquer et de montrer exactement à chaque personne comment utiliser les protecteurs d'ouïe mis à sa disposition. Sur le site Internet de la Suva, vous trouverez aussi un test permettant de vérifier l'effet protecteur des protecteurs d'ouïe utilisés.

Infos complémentaires: www.suva.ch/info-gsc-f.

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 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 (www.suva.ch/99051.f).

Le film «Napo – Le bruit ça suffit!» (www.suva.ch/bruit) constitue également une bonne introduction à la protection contre le bruit.

Rien ne peut remplacer une bonne acuité auditive!

Il faut souligner 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 ex. lors d'une conversation avec des bruits de fond dans un restaurant ou d'une vive discussion.

8.4 Choix des protecteurs d'ouïe appropriés

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

- port confortable
- protecteurs adaptés à l'activité
- 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 quelques 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 suffi-

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}



83 Il existe une grande variété de protecteurs d'ouïe!

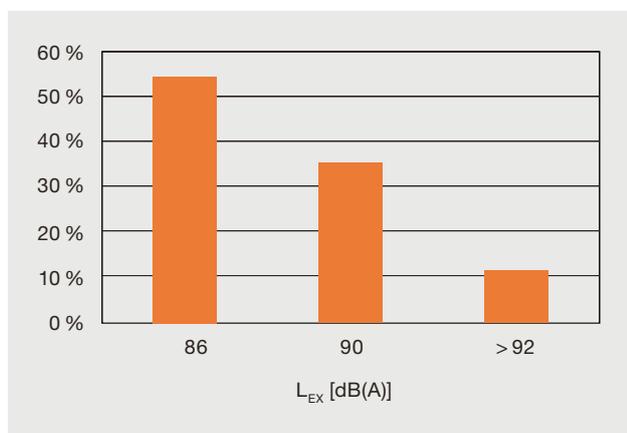
samment protégé à un niveau sonore donné¹. Afin de ne pas amoindrir la communication et la perception des bruits et signaux (sonnerie de téléphone, signaux d'alarme) plus que nécessaire, il est recommandé d'éviter d'utiliser des protecteurs atténuant trop le bruit (surprotection). La valeur SNR des protecteurs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

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.

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

Parmi les personnes participant régulièrement aux tests auditifs dans l'audiomobile, 90% sont exposées à des niveaux sonores compris entre 85 et 92 dB(A) (figure 84). Ces personnes peuvent se protéger efficacement en utilisant des protecteurs d'ouïe présentant une valeur SNR entre 15 et 20 dB. Seuls 10% 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).



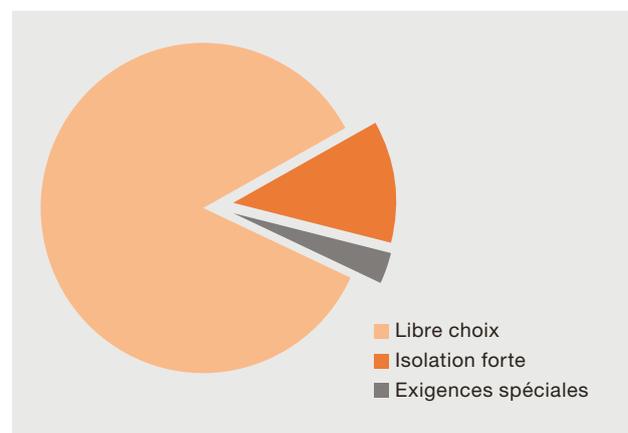
84 Répartition de l'exposition au bruit des personnes examinées dans l'audiomobile

8.5 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).

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 in-



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

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)]

dique 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.

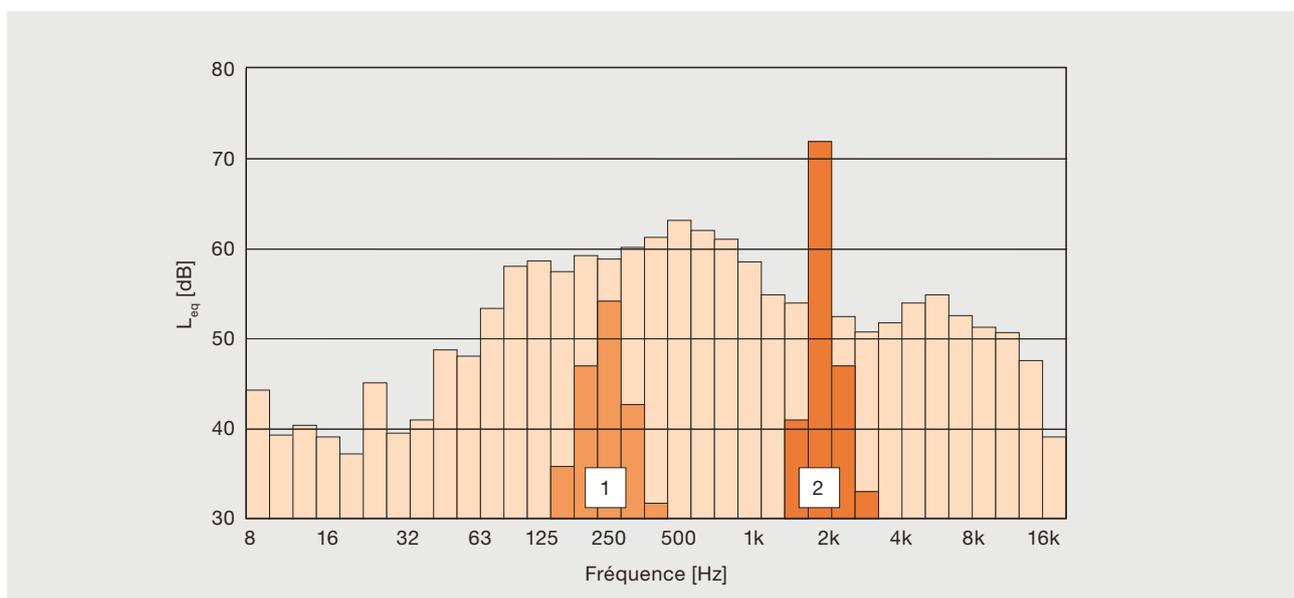
¹ Dans cet exemple, les protecteurs ne sont pas utilisés conformément au mode d'emploi, d'où une réduction de leur isolation effective de 5 dB par rapport à leur valeur SNR.

8.6 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.

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.



86 Perception de signaux dans un environnement bruyant

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.

En écoutant de la musique, les collaborateurs peuvent ne pas percevoir un signal d'avertissement et courir un risque ou mettre leurs collègues en danger. Une question revient donc régulièrement dans les entreprises: les collaborateurs peuvent-ils écouter de la musique pendant le travail? La liste de contrôle «Musique au poste de travail» vous aidera à répondre à cette question (www.suva.ch/67121.f).

8.7 Informations complémentaires

Les caractéristiques et les avantages ainsi que les inconvénients des différents types de protecteurs d'ouïe (y compris les protecteurs moulés) sont décrits à l'adresse www.suva.ch/protection-de-l-ouie. Sur cette page, vous trouverez également de nombreuses réponses aux questions les plus fréquentes.

La liste de contrôle «Protecteurs d'ouïe» vous permet de vérifier si les protecteurs d'ouïe mis à disposition sont correctement utilisés et entretenus (www.suva.ch/67020.f).

Vous trouverez également une liste de fournisseurs et une vaste gamme de protecteurs d'ouïe à l'adresse www.sapros.ch/protection-de-l-ouie.

9 Prévention des lésions auditives induites par le bruit



87 Il est impératif de réglementer dans le cadre du système de sécurité l'utilisation des équipements de protection individuelle.

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 ex. 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/67009.f).

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

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 (Suva ou assureur privé).

Après cette déclaration à la Suva, l'agence compétente contacte la personne concernée pour obtenir

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 	Chap.3, 8.3 Chap.4.1, 4.4
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 	Chap.8.2 Chap.7
5. Détermination des dangers, appréciation du risque	Appréciation du risque selon les valeurs limites en vigueur pour le bruit dangereux pour l'ouïe	Chap.6
6. Planification et réalisation des mesures	Vérification et application des mesures de réduction du bruit	Chap.7
7. Organisation en cas d'urgence	Définition de la procédure en cas de problèmes auditifs aigus	Chap.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 	Chap.4.2.4, 8.4
9. Protection de la santé	S'assurer que l'entreprise est inscrite au programme de prévention de la Suva	Chap.9.2
10. Contrôle, audit	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification régulière des mesures prises • Contrôle du respect des consignes d'utilisation des protecteurs d'ouïe • Détection des améliorations possibles 	66101.f

Tableau 28 Thèmes importants du système de sécurité interne, dont la lutte contre le bruit

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 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 les audiomobiles

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;



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

- 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;
- vérifier l'état et l'efficacité des protecteurs d'ouïe apportés ainsi que les consignes d'utilisation de ces équipements de protection individuelle.

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.

9.2.2 Personnes examinées dans les audiomobiles

Les examens auditifs sont obligatoires pour les personnes subissant une exposition sonore annuelle L_{EX} , 2000h de 85 dB(A) ou plus. A cet âge, il est encore possible de prévenir l'apparition d'une lésion auditive. En cas d'exposition sonore importante, la Suva peut également convoquer des personnes ayant dépassé l'âge indiqué ci-dessus.

Conformément aux dispositions légales en vigueur (art. 70 OPA), les entreprises qui présentent des expositions sonores supérieures à la valeur limite sont informées par la Suva au sujet des mesures de protection de l'ouïe applicables et de la mise en œuvre des mesures de prévention médicale des lésions auditives. Indépendamment de cela, les entreprises sont tenues de prendre les mesures nécessaires en matière de protection contre le bruit.

Les apprentis d'une profession exposant au bruit (telle que 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).

Valeurs limite pour le bruit continu			Valeurs limite pour le bruit impulsif		
Mesures de protection		Examen de l'ouïe	Mesures de protection		Examen de l'ouïe
M2 	$L_{EX,2000h} \geq 85 \text{ dB(A)}$	 Personnel ≤ 40 ans	M2 	$L_E \geq 120 \text{ dB(A)}$	
M1 	$L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$	—	M1 	$L_{Peak} \geq 135 \text{ dB(C)}$	—
—			—		

89 Schéma des valeurs limites pour le bruit continu et des valeurs limites pour le bruit impulsif

9.2.3 Organisation et déroulement des examens auditifs dans les audiomobiles

Tous les ans, quelque 38 000 collaborateurs de 4500 entreprises sont examinés dans les audiomobiles de la Suva. Vu le nombre de personnes concernées et la coordination nécessaire pour une utilisation rationnelle des audiomobiles, le travail de préparation des examens auditifs demande certain temps. Près de huit mois peuvent s'écouler entre la première prise de contact avec l'entreprise et l'examen auditif (figure 90). Les examens sont organisés de sorte à perturber le moins possible le planning des collaborateurs de l'entreprise concernée (trajets courts et absences brèves). Il est tenu compte des travailleurs faisant les trois-huit ou en service extérieur et des fermetures annuelles et saisonnières des entreprises.



90 Déroulement des examens auditifs de la Suva

9.2.4 Examens dans les audiomobiles

Les métiers ou les activités ayant entraîné une exposition au bruit sont répertoriés pour chaque personne convoquée à un examen auditif dans l'audiomobile (anamnèse professionnelle). Sur la base de ces renseignements ainsi que des tableaux de niveaux sonores (voir chap. 6.4 et 6.5) et des données provenant de la base de données de la Suva consacrée aux sources sonores, il est possible d'évaluer l'exposition professionnelle au bruit jusqu'au jour de l'examen.

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 chap. 3.3). Le résultat est présenté sous la forme d'un audiogramme (figure 91).

1 Les entreprises assujetties 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 des prochains examens auditifs dans l'audiomobile et leur demande de lui indiquer le nombre de travailleurs à examiner ainsi que les cas particuliers (par ex. travailleurs en trois-huit).

3 Le déroulement d'une évaluation du bruit est détaillé au chap. 6.

4 Le lieu et la date approximative des examens auditifs sont communiqués environ six semaines à l'avance. L'entreprise reçoit un lien par e-mail pour saisir les données des personnes à examiner. Le calcul des indemnités pour perte de gain est également expliqué.

5 L'équipe de l'audiomobile fixe les horaires des examens par téléphone avec l'entreprise.

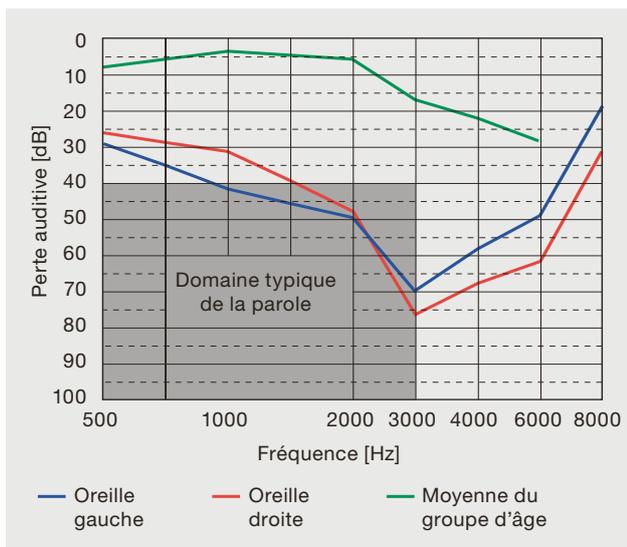
6 Les examens ont lieu pendant les horaires de travail habituels. Quatre personnes sont examinées par demi-heure.

7 Le résultat des examens auditifs est évalué par des spécialistes de la médecine du travail de la Suva.

7a Lorsqu'un résultat ne peut pas être évalué avec certitude, le travailleur concerné est convoqué pour des examens spéciaux complémentaires.

8 L'entreprise reçoit ensuite un rapport récapitulatif avec le nom des personnes examinées et des informations sur le port des protecteurs d'ouïe. Un rapport écrit individuel est envoyé uniquement lorsque des mesures spéciales doivent être prises.

9 Sur la base des résultats des examens effectués, les travailleurs exposés à un risque auditif élevé sont personnellement 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 impliquant une exposition sonore dangereuse pour l'ouïe (décision d'inaptitude). C'est le cas pour des raisons audiologiques.

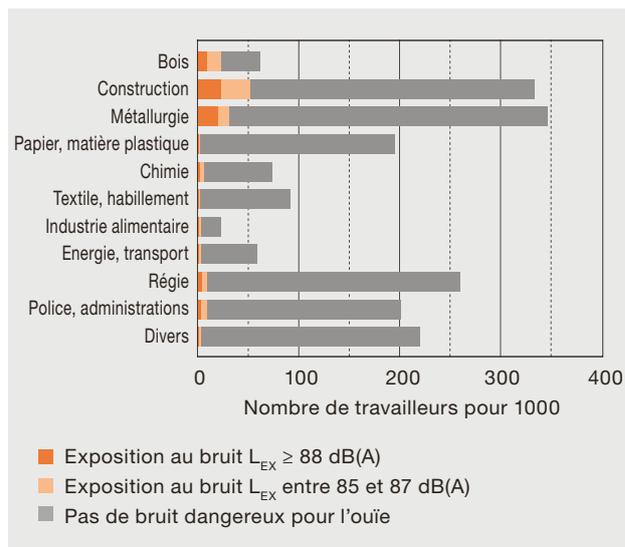


91 Résultat d'un examen auditif présenté sous la forme d'un audiogramme

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.

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 une audiomobile figure dans la publication «Prévention des surdités professionnelles» (www.suva.ch/1909/1.f).

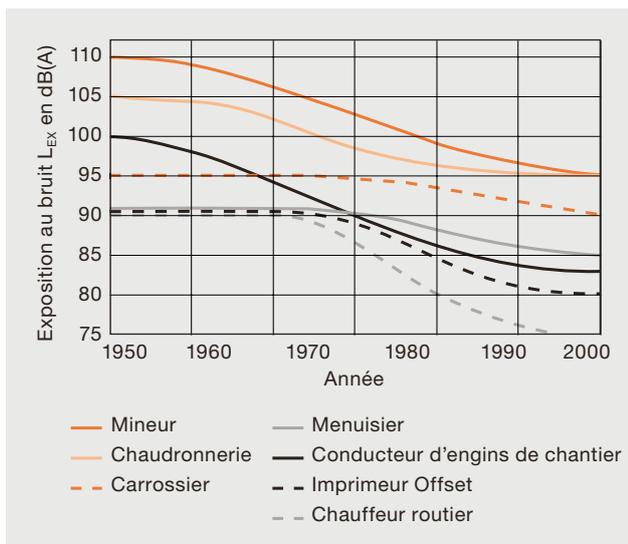


92 Exposition au bruit dans diverses branches

9.3 Pourcentage de travailleurs exposés au bruit selon les branches

La figure 92 indique le pourcentage de travailleurs exposés à un niveau sonore dangereux pour l'ouïe selon les branches.

Parmi les personnes exposées professionnellement au bruit, 37 % travaillent dans la construction, 22 % dans la métallurgie et 16 % dans l'exploitation forestière et dans l'industrie du bois. L'exposition au bruit est la plus fréquente dans les branches de l'industrie du bois (37 %) et de la construction (16 %).



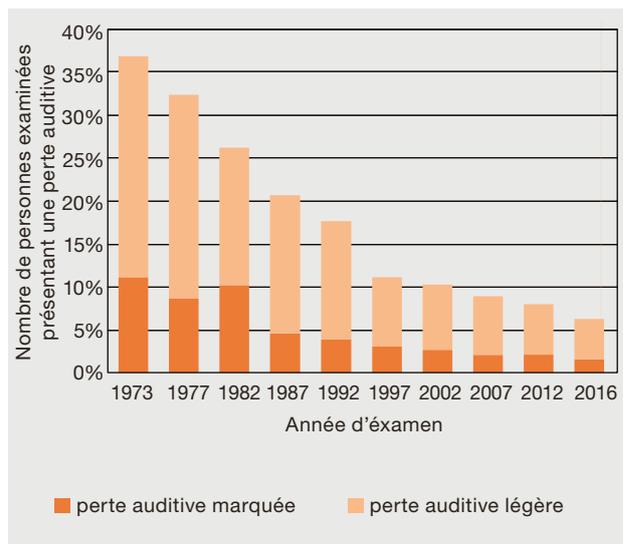
93 Évolution de l'exposition professionnelle au bruit selon les professions

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 93 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



94 Statistiques des pertes d'acuité auditive par des personnes examinées dans une audiomobile

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 94, les mesures de prévention des lésions auditives ont été très efficaces. Ainsi, le nombre de personnes examinées dans une audiomobile et présentant des lésions auditives a fortement diminué au cours des trente dernières années.

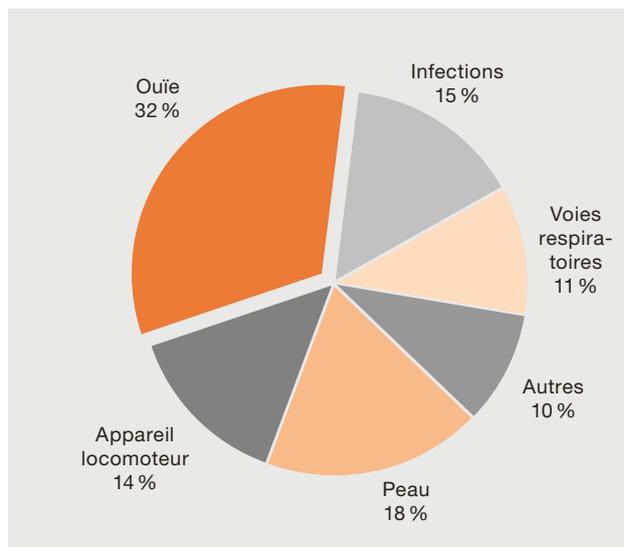
En dépit de l'évolution positive de la prévention des lésions auditives, le nombre de cas où les assureurs-accidents reconnaissent une surdité professionnelle comme une maladie professionnelle demeure élevé (2010: 993 cas). Les lésions de l'ouïe représentent ainsi aujourd'hui la maladie professionnelle la plus fréquente (figure 95). Dans la grande majorité des cas, les expositions dommageables ont eu lieu entre 1960 et 1980.

9.6 Bruit dangereux durant les loisirs

L'exposition au bruit dans le cadre des activités de loisirs peut être gênante voire dangereuse pour l'ouïe. C'est notamment le cas, par exemple, pour le motocyclisme, la musique, la chasse, le bricolage avec des outils bruyants ou la fréquentation de manifestations à niveau sonore amplifié. Dans ce type de situations, il peut s'avérer également nécessaire de porter des protecteurs d'ouïe et de prendre certaines mesures pour réduire l'exposition au bruit.

L'entreprise ne peut pas influencer directement sur le comportement de ses collaborateurs durant les loisirs. Cependant, lorsqu'ils ont été rendus attentifs aux effets d'une lésion auditive, ils font en général aussi attention dans le cadre de leurs activités extraprofessionnelles. Les personnes ayant une expérience positive du port de protecteurs d'ouïe au travail n'hésitent pas à en utiliser pendant leurs loisirs.

De plus amples informations concernant l'exposition sonore liée à la musique, et notamment à l'amplification du son dans les discothèques, les soirées et les concerts ou lorsqu'on joue d'un instrument dans un groupe, sont disponibles dans la publication «Musique et troubles de l'ouïe» (www.suva.ch/84001.f).



95 Part des cas de lésions importantes de l'ouïe parmi tous les cas de maladies professionnelles reconnues entre 2006 et 2010

10 Résumé

La surdité professionnelle est incurable, mais on peut l'éviter. Cette publication 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 protection contre le bruit et fournit de nombreuses informations qui en font également un ouvrage de référence.

Le chapitre consacré aux notions de base de l'acoustique constitue une excellente introduction à la problématique du bruit. Le chapitre traitant de 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 leur droit de participation, les travailleurs ont 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 chap. 4.

Comment mesure-t-on le bruit? Le chapitre consacré à 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 à respecter lors des mesurages.

Lorsque le niveau sonore dépasse la valeur limite, il est nécessaire de prendre des mesures techniques. Différentes approches et de nombreux exemples pratiques sont présentés dans le chapitre consacré aux mesures techniques de lutte contre le bruit. Si elles ne suffisent pas pour réduire le bruit à un niveau non dangereux, les collaborateurs doivent porter des protecteurs d'ouïe. Dans cette publication, vous trouverez également une description des différents modèles existants et de leur utilisation.

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 les audiomobiles).

Cette publication comprend 95 illustrations, de nombreux tableaux et une annexe avec des adresses et des références qui vous permettront d'obtenir des informations complémentaires.

Les auteurs remercient ...

- toutes les entreprises leur ayant fourni ou les ayant aidés à obtenir des photographies:
 - ANADA AG, Glattbrugg
 - Atlas Copco (Schweiz) AG, Studen
 - B&K Messtechnik GmbH, Rümlang
 - Bauwerke AG, St-Margrethen
 - Brauerei Eichhof, Lucerne
 - 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
- la division médecine du travail de la Suva ayant vérifié la partie médicale de cette publication;
- tous leurs collègues de la Suva ayant contribué à la parution de cette publication

Beat Hohmann
Heinz Waldmann

Annexe 1

Informations complémentaires

Bibliographie

Toutes les publications de la Suva concernant le bruit peuvent être consultées, téléchargées ou imprimées au format pdf sur www.suva.ch/bruit.

En ajoutant la référence à www.suva.ch/, on accède directement à la publication souhaitée. Exemple: www.suva.ch/66076.f permet d'accéder directement à la publication «Lutte contre le bruit des machines et des installations».

Législation

Toutes les lois et ordonnances de la Confédération sont disponibles sur www.admin.ch/ch/f/rs/rs.html dans la dernière version en date.

Normes

Association suisse de normalisation SNV:
www.snv.ch ou shop.snv.ch
Normes internationales:
www.iso.org, www.afnor.fr ou www.beuth.de

Français	Deutsch	Italiano	Réf. Suva
Lutte contre le bruit des machines et des installations	Lärmbekämpfung an Maschinen und Anlagen	–	66076
Des enceintes pour lutter contre le bruit	Lärmbekämpfung durch Kapselungen	–	66026
Bruit des installations à ultrasons	Ultraschallanlagen als Lärmquellen	–	44006
Mesurage des émissions acoustiques produites par les machines	Schallemissionsmessungen an Maschinen	–	66027
Acoustique des locaux industriels	Industrielle Raumakustik	Acustica ambientale nell'industria	66008
Protecteurs d'ouïe	Der persönliche Gehörschutz	La protezione individuale dell'udito	www.suva.ch/protection-de-l-ouie
Nuisances sonores aux postes de travail	Belästigender Lärm am Arbeitsplatz	–	66058

Tableau 29 Publications de la Suva fournissant des informations de fond tout autour de la problématique du bruit

Annexe 2

Dénominations internationales des grandeurs d'acoustique

Français	Deutsch	Italiano	English	Symboles	Chapitres
Exposition sonore dans un endroit ou référant à une personne (récepteur)	Schall-Immission Schalleinwirkung an einem Ort oder auf eine Person (Empfänger) bezogen	Immissione sonora rumore immesso in ambiente misurato in prossimità dei ricettori	Sound exposure sound immission in a specific place or referring to a person (receiver)		
niveau de pression acoustique (pondéré A)	(A-bewerteter) Schalldruckpegel, Schallpegel	livello di pressione sonora (ponderata «A»)	(A-weighted) sound pressure level	L_p, L_{pA}	2.6, 2.7, 5.2
niveau de pression acoustique maximal / minimal (avec la pondération temporelle F)	maximaler / minimaler Schalldruckpegel (bei Verwendung der Zeitbewertung F)	livello di pressione sonora massimo / minimo (con costante di tempo F)	maximum / minimum sound pressure level (with time-weighting «Fast»)	L_{Fmax} / L_{Fmin}	5.2
niveau de pression acoustique continu équivalent (pondéré A)	(A-bewerteter) äquivalenter Dauerschallpegel, Mittelungspegel	livello continuo equivalente di pressione sonora (ponderata «A»)	equivalent continuous (A-weighted) sound pressure level	L_{eq}, L_{Aeq}	2.8.1
niveau d'exposition au bruit	Lärmexpositionspegel	livello di esposizione al rumore	noise exposure level	L_{EX}	4.7.1, 6.1
niveau de pression acoustique de crête (pondéré C)	(C-bewerteter) Spitzenschalldruckpegel	livello di pressione acustica di picco (ponderata «C»)	maximum (C-weighted) peak level	$L_{Peak}, L_{CPeak}, L_{Ccrête}$ $L_{crête}$	2.11, 4.7.2, 5.2, 6.2
niveau d'exposition sonore	Schallexpositionspegel	livello di esposizione sonora	sound exposure level	L_E, SEL	2.8.2, 4.7.2
Emission sonore référant a une source de bruit (machine), sans l'influence des environs	Schall-Emission auf Schallquelle (Maschine) bezogen, ohne Raumeinfluss	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		
niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail (pondéré A)	(A-bewerteter) Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	livello di pressione sonora al posto di lavoro (ponderata «A»)	(A-weighted) emission sound pressure levels at a work station	L_p, L_{pA}	4.5
niveau de puissance acoustique (pondéré A)	(A-bewerteter) Schalleistungspegel	livello di potenza sonora (ponderata «A»)	(A-weighted) sound power level	L_W, L_{WA}	4.5, 5.1, 2.5, 2.9

Tableau 30 Grandeurs d'exposition (immission) et d'émission sonore

Annexe 3

Grandeurs et unités physiques et d'acoustique

Symboles	Grandeurs	Unités	Chapitres
λ	Longueur d'onde	m	2.4
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 _{pA}	Niveau de pression acoustique de l'émission	dB	4.5, 4.12
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
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

Tableau 32 Grandeurs physiques et d'acoustique utilisées dans cette publication

Suva

Case postale, 6002 Lucerne
Tél. 041 419 58 51
www.suva.ch

Référence
44057.f