

La mesure
des bruits impulsionnels

ÉTUDES ET RECHERCHES

Henry Scory

Avril 1993

R-067

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

La mesure des bruits Impulsionnels

Henry Scorq
Programme sécurité-ingénierie, IRSST

ÉTUDES ET
RECHERCHES

RAPPORT

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles de l'auteur.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, avril 1993.

2^e trimestre 1993.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	1
SOMMAIRE	2
1. INTRODUCTION	3
2. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES ÉCARTS DE NIVEAUX MESURÉS EN FONCTION DES PARAMÈTRES DE RÉGLAGE	4
2.1 Méthodes d'acquisition et d'analyse utilisées	4
2.2 Caractéristiques temporelles, fréquentielles et descripteurs d'intérêt	5
3. EXIGENCES DES NOUVEAUX INSTRUMENTS DE MESURE DU BRUIT ...	8
3.1 Exigences instrumentales pour la mesure du $L_{Aeq,T}$	8
3.1.1 Influence des circuits électroniques sur la précision des mesures	8
3.1.2 Influence du microphone sur la précision des mesures	9
3.2 Exigences instrumentales pour la mesure des valeurs de crête	13
4. POSSIBILITÉS TECHNIQUES ET CRITÈRES D'ACQUISITION DES INSTRUMENTS DE MESURE	14
4.1 Critères d'achats	14
4.2 Liste de fournisseurs d'équipements de mesure de bruit	15
5. INSTRUMENTS RÉCENTS ET CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ACTUEL ...	16
5.1 Spécifications instrumentales et méthodologique du Règlement	16
5.2 Problème relié à l'utilisation de divers types d'instruments	18
6. DIRECTIVES DE MESURAGE RELIÉES AU RESPECT DU RÈGLEMENT ...	24
7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	27
ANNEXES: Fiches signalétiques des 15 bruits impulsionnels	29 à 44
Exemple d'utilisation de l'article 46 a-) du Règlement pour le calcul de l'exposition quotidienne au bruit d'un travailleur.	45
BIBLIOGRAPHIE	49

TABLE DES MATIÈRES

Page

Tableau 1 :	Facteurs de crête moyens d'une quinzaine de bruits impulsionnels	20
Tableau 2 :	Différences entre les résultats d'évaluation de l'exposition selon qu'ils soient calculés conformément à l'article 46 <i>a</i>) ou conformément à l'article 46 <i>b</i>) du Règlement	22
Figure 1 :	Évaluation d'un instrument de classe 2 - (spécimen 1)	11
Figure 2 :	Évaluation d'un instrument de classe 2 - (spécimen 2)	12

Avant-propos

La section "Bruit" du Règlement québécois sur la qualité du milieu de travail fournit des directives explicites pour l'évaluation des expositions professionnelles aux bruits continus et aux bruits d'impacts.

En milieu industriel, il est toutefois courant que l'exposition au bruit d'un travailleur soit causée par des bruits de type impulsionnel. L'évaluation précise des expositions à ces types de bruit est possible aujourd'hui par l'utilisation d'instruments de mesure spécialisés, largement disponibles, et capables d'effectuer une mesure très précise du niveau moyen de bruit à l'aide de circuits moyenneurs-intégrateurs spéciaux.

Cependant, ces instruments de mesure spécialisés n'ont été normalisés qu'en 1985 par la Commission Électrotechnique Internationale dans sa publication 804. Le Règlement actuel sur la qualité du milieu de travail, rédigé avant la promulgation de cette norme instrumentale, ne pouvait donc, pour spécifier l'instrument de mesure à utiliser pour les fins d'application de la section "Bruit", que faire référence à la seule norme instrumentale existante à l'époque. Cette ancienne norme, datant de 1973, ne normalisait malheureusement que les caractéristiques d'un sonomètre conventionnel non conçu pour la mesure des bruits comportant des composantes impulsionnelles.

Le Règlement actuel ne comporte par conséquent aucune indication précise sur le type d'instrument de mesure spécialisé qui devrait être utilisé pour évaluer les expositions professionnelles à des bruits impulsionnels. Dans l'attente de l'ajout de précisions dans le Règlement, les intervenants en hygiène industrielle s'interrogent sur le type d'instruments qu'ils devraient utiliser, sur le choix du réglage des paramètres de mesure de ces instruments, sur certains critères de fonctionnalité de ces instruments de mesure modernes et sur une méthodologie d'échantillonnage qui leur permettraient d'effectuer une évaluation précise de l'exposition d'un travailleur à des bruits impulsionnels tout en demeurant conforme au Règlement actuel.

La présente étude a été effectuée à la demande de la CSST et des intervenants en hygiène industrielle pour examiner cette problématique dans l'optique de permettre l'utilisation des instruments de mesure modernes dans le cadre réglementaire actuel.

Remerciements

Nous tenons à remercier les hygiénistes et techniciens en hygiène du travail des DSC Maisonneuve-Rosemont et Sacré-Coeur, en particulier messieurs Gaétan Handfield et André Tartre, pour leur collaboration essentielle à l'organisation et à la prise des mesures en industries de même que tous les responsables des industries qui ont accepté et favorisé les échantillonnages de ces sources de bruits impulsionnels dans les aires de travail de leur usine.

Sommaire

Dans le contexte de la réglementation québécoise actuelle, qui s'appuie sur une norme instrumentale datant de plus de 20 ans, la mesure des bruits industriels impulsionnels peut être entachée d'erreurs systématiques causées par le type d'instrumentation utilisé pour l'échantillonnage.

Compte tenu des progrès considérables survenus durant la dernière décennie dans le développement et dans la normalisation des caractéristiques des instruments de mesure du bruit, de telles erreurs ne sont plus admissibles.

L'échantillonnage d'une quinzaine de bruits impulsionnels industriels, correspondant à des situations d'exposition professionnelle fréquentes, a permis de mettre en évidence les différences entre les résultats de mesures de niveaux moyens de bruit, attribuables au choix de la combinaison de paramètres de réglage des instruments de mesure du bruit utilisés.

À partir de l'analyse des résultats obtenus, un jeu de réglage des paramètres de mesure, permettant une mesure non biaisée du niveau moyen de bruit a été déterminé et des exigences instrumentales essentielles pour assurer la validité des mesures d'exposition à ces bruits ont été établies.

Les possibilités techniques courantes des instruments de mesure du bruit disponibles aujourd'hui sont révisées et certains critères d'acquisition pour ces nouveaux instruments sont suggérés.

Des directives de mesurage qui tiennent compte du cadre réglementaire actuel et de l'objectif principal des mesures, qui est l'évaluation précise des facteurs de risques liés à des expositions aux bruits impulsionnels, sont formulées.

Ces directives de mesurage reposent sur le paramètre physique de mesure, prévu et permis par la réglementation actuelle, soit le niveau moyen de pression acoustique estimé à l'aide d'instruments conçus pour évaluer la valeur efficace moyenne (RMS) de la pression acoustique. De même, la méthode de mesure recommandée est valable quelque soit le type de bruit, impulsionnel ou non, et conforme au Règlement sur la qualité du milieu de travail.

1. INTRODUCTION

Le bruit se classe au premier rang des nuisances au travail. Dans l'intérêt des travailleurs, il est très important que leurs expositions, à tout type de bruit, soient évaluées le plus correctement possible.

Les laboratoires de l'IRSST ont mené par le passé plusieurs recherches dans le domaine de la mesure de l'exposition au bruit. Parmi ces études, certaines ont porté sur l'établissement de critères de performances minimaux pour les instruments de mesure de bruit permettant d'assurer une mesure correcte des bruits à caractère impulsionnel. D'autres études ont porté sur la comparaison des résultats d'évaluation des expositions au bruit obtenus en utilisant différents types d'instruments de mesure.

Les études ayant mené à l'établissement de critères de performances minimaux pour les instruments de mesure [1, 2, 3, 8, 9], étaient cependant toutes basées sur la modélisation mathématique de la réponse des circuits électroniques des instruments et utilisaient l'équivalent idéalisé et synthétisé de signaux acoustiques impulsionnels.

Les études terrains ayant porté sur la comparaison de doses d'exposition quotidiennes mesurées à l'aide de différents types d'instruments de mesure de bruit [4, 5 6, 11], ne portaient pas pour leur part sur des expositions à des bruits à caractère impulsionnel marqué.

L'échantillonnage, en milieu de travail, d'un certain nombre de bruits impulsionnels et l'utilisation d'un système d'analyse audionumérique a permis aux laboratoires de l'IRSST, dans le cadre de la présente étude, de compléter ces recherches et de formuler des directives de mesurage permettant d'évaluer correctement l'exposition des travailleurs à de tels types de bruit.

2. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES ÉCARTS DE NIVEAUX MESURÉS EN FONCTION DES PARAMÈTRES DE RÉGLAGE

2.1 Méthodes d'acquisition et d'analyse utilisées

L'échantillonnage d'un certain nombre de bruits à caractère impulsionnel fut effectué dans différentes industries oeuvrant dans les domaines de la fabrication de produits en métal et de l'alimentation.

Nous décrivons sommairement ci-après les méthodes d'acquisition et d'analyse utilisées pour caractériser et comparer ces différents bruits impulsionnels.

Pour permettre leur utilisation ultérieure à diverses fins (caractérisation physique des bruits, évaluation de différents types d'instruments de mesure, etc...), les bruits impulsionnels ont été enregistrés sur les lieux de travail au moyen d'un enregistreur magnétique de très haute fidélité. La chaîne d'acquisition, constituée d'un microphone, d'un préamplificateur de signal, d'un amplificateur de mesure et de l'enregistreur surpassait les spécifications exigées d'un système de mesure acoustique de classe 1.

Les bruits impulsionnels ont été enregistrés pour des périodes variant de 7 à 20 minutes, durées sur lesquelles ont été évalués tous les résultats d'analyse présentés dans ce rapport. Notons que des précautions particulières ont été prises pour que les bruits ne subissent aucune interruption durant leur période d'enregistrement, ceci afin d'assurer que les résultats d'analyse ne soient pas biaisés par tout effet possible dû à l'intermittence des bruits.

Un logiciel, développé par nos laboratoires, a été utilisé pour l'étude des relations temps-amplitude des signaux de pression acoustique.

Avant de pouvoir être traités par ce logiciel, les signaux de pression acoustique enregistrés ont été numérisés en utilisant la fonction de numérisation (time history) disponible sur l'analyseur de signal Brüel & Kjaer modèle 2032. La fréquence d'échantillonnage était fixée à 65 535 hertz, soit la prise d'un échantillon de pression acoustique à toutes les 15,3 μ s.

Les spectres acoustiques des bruits impulsionnels ont été produits au moyen d'un analyseur spectral en temps réel de marque NEAS modèle 830 de classe 1 mesurant en bandes de fréquence de 1/3 d'octave.

Enfin, pour établir de manière très précise les différences entre les mesures effectuées par différents types d'instruments de mesure de bruit, nous avons utilisé certaines des fonctions de traitement de l'analyseur de niveau de bruit Brüel & Kjaer modèle 4427 de classe 0. Cet instrument permet de simuler différentes mesures de niveau moyen de bruit (L_{Aeq}) à partir de la distribution statistique des valeurs de niveaux de bruit classées dans ces mémoires par intervalle de 0,2 dB.

Cet instrument a été utilisé pour comparer, en précision de classe 0, les mesures qui auraient été obtenues par trois types d'instruments de mesure du bruit soit un sonomètre intégrateur, un dosimètre de bruit OSHA Slow et un dosimètre de bruit OSHA Fast.

Dans le présent rapport, pour distinguer les mesures de niveaux moyens (L_{Aeq}) effectuées par les trois types d'instruments de mesure du bruit la terminologie suivante est utilisée:

$L_{Aeq,T}$: désigne le niveau continu équivalent de pression acoustique pondérée A mesuré pour une durée T. Ce niveau moyen de bruit reflète la valeur efficace (RMS) réelle des pressions acoustiques moyennées et pondérées A. Cette mesure est obtenue au moyen d'un "sonomètre intégrateur" conforme à la norme instrumentale CEI 804 [13]. Pour la mesure de ce niveau efficace moyen de bruit une importance égale est accordée à tous les sons et le résultat obtenu est donc directement relié à l'énergie acoustique moyenne du bruit pour la durée de mesure T;

$L_{Aeq,T}$ (OSHA, Slow): désigne le niveau continu équivalent de pression acoustique pondérée A OSHA Slow mesuré pour une durée T. Cette mesure est généralement obtenue au moyen d'un "dosimètre de bruit" réglé en OSHA Slow. La mesure de ce niveau moyen de bruit n'accorde pas une importance égale à tous les sons car elle fait intervenir, avant l'intégration, une pondération temporelle Slow suivi d'un circuit exponentiel ayant une valeur d'exposant spécifique permettant l'application de la règle OSHA spécifiant un facteur de bissection de 5 dB. Le document [8], cité en référence, décrit de manière précise le procédé de mesure implémenté dans cet instrument de mesure;

$L_{Aeq,T}$ (OSHA, Fast): désigne le niveau continu équivalent de pression acoustique pondérée A OSHA Fast mesuré pour une durée T. Cette mesure diffère simplement du $L_{Aeq,T}$ (OSHA, Slow) par l'utilisation d'une pondération temporelle Fast au lieu d'une pondération temporelle Slow.

2.2 Caractéristiques temporelles, fréquentielles et descripteurs d'intérêt

Le logiciel utilisé nous a permis de caractériser l'allure temporelle des signaux acoustiques et d'effectuer différents traitements statistiques sur les valeurs instantanées de la pression acoustique.

Ce logiciel nous a permis de constater qu'une durée de 10 secondes suffisait généralement pour représenter les variations d'amplitude en fonction du temps caractéristique de la quinzaine de bruits impulsionnels retenus pour la présente étude. Cette période est donc utilisée pour présenter et comparer l'évolution temporelle de la pression acoustique de tous les bruits impulsionnels.

Pour chacun des 15 bruits impulsionnels, nous avons préparé une fiche signalétique synthèse qui présente les principaux résultats d'analyse commentés ultérieurement dans ce rapport. Chacune des fiches contient :

- 1' / L'identification de la source de bruit;
- 2' / Une brève description du procédé à l'origine du bruit impulsionnel;
- 3' / Une figure présentant la variation de la pression acoustique en fonction du temps pour une durée de 10 secondes;
- 4' / La durée complète d'un cycle unitaire du procédé industriel. Par exemple, pour une presse en alimentation continue, fabriquant plusieurs milliers de pièces à l'heure, la durée d'un cycle unitaire correspondrait à la durée requise pour la fabrication d'une seule pièce;
- 5' / Une estimation du nombre d'impulsion majeure par seconde obtenue soit par l'observation du graphique, soit par l'observation du procédé ou soit par l'écoute du bruit;
- 6' / Le facteur de crête moyen du bruit correspondant à la moyenne des facteurs de crête mesurés comme le rapport de la valeur de crête maximale mesurée en dB(Lin) sur la valeur du $L_{Aeq,1min}$;
 Note : La seule exception à cette règle se rapporte à l'évaluation du facteur de crête moyen des "chocs de tiges métalliques" qui a été évalué sur la période complète de chacun des cycles qui dépassait 1 minute.
- 7' / Le facteur de forme du signal "Ff" qui est un descripteur statistique défini comme le rapport du niveau efficace de la pression acoustique sur la valeur moyenne du niveau absolu de la pression acoustique;
- 8' / Le coefficient d'aplatissement de la distribution d'amplitude du signal "Ca" (kurtose) qui est un descripteur statistique défini comme la valeur quadratique du rapport de la valeur quadri-puissance de la pression acoustique sur la valeur du niveau efficace de la pression acoustique;
 Note: Les paramètres statistiques "Ff" et "Ca" ont été calculés pour vérifier la possibilité d'établir mathématiquement une relation entre les différents résultats de calcul des $L_{Aeq,T}$, $L_{Aeq,T}$ (OSHA, Slow) et $L_{Aeq,T}$ (OSHA, Fast) effectués par les différents types d'instrument de mesure. Aucune relation précise n'a cependant pu être établie. Ces paramètres sont tout de même rapportés à des fins de comparaison avec d'autres études traitant des caractéristiques des bruits impulsionnels.

- 9' / Le spectre acoustique moyen mesuré en bandes de fréquence de 1/3 d'octave et calculé sur la durée complète de l'enregistrement du bruit.
Note: Les spectres présentés sont normalisés. Le niveau global $L_{Aeq,T}$ mesuré de 20 hertz à 20000 hertz correspondant alors à 0 dB sur l'échelle des amplitudes;
- 10' / La bande de fréquence de 1/3 d'octave dominante du spectre moyen;
- 11' / La différence entre les mesures $L_{Aeq,T}$ (classe 0) et $L_{Aeq,T}$ (classe 2). Cette différence correspondant simplement à l'inclusion ou non des composantes fréquentielles supérieures à 8000 hertz et inférieures à 31,5 hertz dans le calcul du $L_{Aeq,T}$;
Note: Les instruments de mesure de bruit de classe 0 sont normalisés de 20 hertz à 20000 hertz alors que les instruments de classe 2 ne sont normalisés que de 31,5 hertz à 8000 hertz.
- 12' / La différence, évaluée en précision de classe 0, entre les mesures qui auraient été obtenues par un dosimètre de bruit OSHA Slow et un sonomètre intégrateur;
- 13' / La différence, évaluée en précision de classe 0, entre les mesures qui auraient été obtenues par un dosimètre de bruit OSHA Fast et un sonomètre intégrateur;

Les 15 fiches signalétiques sont présentées à l'annexe A.

3. EXIGENCES DES NOUVEAUX INSTRUMENTS DE MESURE DU BRUIT

Les bruits impulsionnels ont servi à évaluer la précision d'un certain nombre d'instruments de mesure de bruit disponibles commercialement aujourd'hui et ont aussi permis d'évaluer la pertinence des exigences de la récente norme instrumentale, publiée par la Commission Électrotechnique Internationale, CEI 804-1985 intitulée "Sonomètres intégrateurs-moyenneurs" [13].

Notons que cette norme instrumentale est la seule norme instrumentale, existante aujourd'hui, qui spécifie les caractéristiques supplémentaires nécessaires à un sonomètre classique pour la mesure du niveau continu équivalent $L_{Aeq,T}$, des bruits stationnaires, intermittents, fluctuants et impulsionnels.

Cette norme est en accord avec les spécifications générales de la norme CEI 651-1979 intitulée "Sonomètres" [12] qui se rapporte aux sonomètres classiques.

En raison des résultats obtenus, il n'est pas utile de présenter ici l'ensemble de ces résultats d'évaluation, nous fournissons plutôt les conclusions générales que nous avons dégagées des essais effectués.

3.1 Exigences instrumentales pour la mesure du $L_{Aeq,T}$

3.1.1 Influence des circuits électroniques sur la précision des mesures

Nous avons noté dans nos études précédentes [2, 3, 8, 9], effectuées il y a quelques années, que la majorité des instruments de mesure de bruit sous-évaluaient fortement les niveaux d'exposition aux bruits fluctuants, intermittents ou comportant des composantes impulsionnelles élevées et ce, quelque soit le principe de mesure ou de traitement de signal incorporé dans les instruments.

Ceci reflétait parfaitement, à l'époque de ces études, l'absence de toute norme instrumentale ayant pour but de préciser aux constructeurs des exigences minimales pour les circuits de détection et de moyennage des bruits comportant des composantes impulsionnelles.

La promulgation par la Commission Électrotechnique Internationale (CEI), en 1985, de la norme instrumentale CEI 804-1985 a eu pour effet de préciser aux manufacturiers un ensemble d'exigences à respecter pour garantir que les instruments, satisfaisant à cette norme, soient aptes à mesurer correctement le $L_{Aeq,T}$, tant pour un impact isolé que pour un bruit permanent comportant des composantes impulsionnelles élevées.

Nos essais nous ont permis de constater que, après quelques années d'adaptation de la part des manufacturiers, la mesure précise d'un bruit à caractère impulsionnel ne présente plus de problème technique ou électronique pour les instruments de mesure de bruit qui sont aujourd'hui spécifiés par leur constructeur conformes à la norme CEI 804-1985.

D'anciens instruments, non conformes à cette norme, ont pour leur part fourni, lors de la mesure des bruits impulsionnels échantillonnés, des résultats tout aussi incorrects que lors de leur évaluation précédente [8] effectuée conformément aux spécifications d'essais de la nouvelle norme CEI 804-1985.

Ceci confirme entièrement la validité des exigences de cette nouvelle norme instrumentale pour les instruments de mesure de bruit.

Les essais effectués nous permettent donc de conclure, sans équivoque, que pour être assuré que les mesures de $L_{Aeq,T}$ des bruits à caractère impulsionnel soient correctement effectuées, il est nécessaire et suffisant d'utiliser un instrument de mesure spécifié conforme à la norme instrumentale CEI 804-1985.

Selon les exigences minimales de cette norme, les instruments conformes à celle-ci, mesureront correctement le $L_{Aeq,T}$ des bruits à caractère impulsionnel possédant un facteur de crête d'au moins 33 dB pour les instruments de classe 2 et d'au moins 43 dB pour les instruments de classe 1. De plus, de tels instruments seront aussi aptes à mesurer très précisément le $L_{Aeq,T}$ d'une impulsion isolée qui dépasserait subitement de 53 dB le bruit de fond pour les instruments de classe 2 et de 63 dB le bruit de fond pour les instruments de classe 1, dans les limites de la gamme de mesure spécifiée par le constructeur.

Nous avons même constaté, que du point de vue strictement électronique, la majorité des instruments modernes spécifiés conformes à la norme CEI 804-1985 surpassait aujourd'hui très largement les exigences minimales de cette norme.

Cependant, lorsque nous avons évalué les réponses en fréquences des microphones pour quantifier la précision globale des instruments, nous avons constaté de très sérieux problèmes pour plusieurs modèles de microphone ce qui est discuté dans la prochaine section.

3.1.2 Influence du microphone sur la précision des mesures

Aujourd'hui, la précision du microphone, équipant les instruments de mesure de bruit, nous apparaît comme la principale source possible d'erreur lors de la mesure de tout type de bruit.

À l'exception de certains bruits impulsionnels où il peut y avoir présence de sons extrêmement aigus, tels que ceux par exemple causés par des jets d'air, dans la plupart des cas nous constatons, à l'aide des spectres moyens établis pour les différents bruits échantillonnés, que des différences relativement peu importantes sur les mesures de $L_{Aeq,T}$ seraient faites en incluant ou non les composantes fréquentielles supérieures à 8000 hertz et inférieures à 31,5 hertz, qui sont les limites d'application des normes instrumentales pour les instruments de classe 2. Par conséquent, un instrument de classe 2, conforme à la norme CEI 804-1985, permet selon nous, dans la très grande majorité des cas, d'effectuer une évaluation suffisamment précise du niveau de bruit présent en milieu de travail.

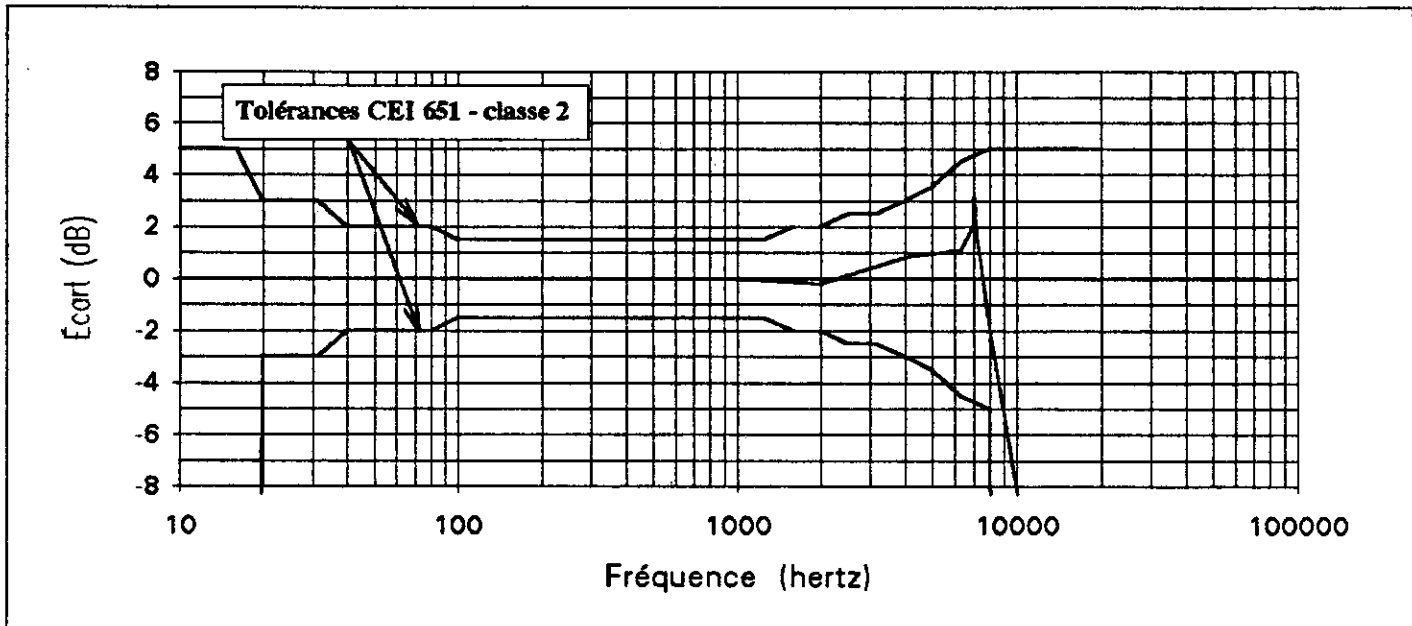
Pour les microphones à condensateur ou à électret (caractérisés par une membrane circulaire visible sous la grille de protection) qui équipent généralement les instruments de classe 1, et certains des très bons modèles d'instruments de classe 2, les méthodes d'essais et de contrôle de qualité sont faciles à effectuer par les manufacturiers.

Les essais de réponse en fréquence peuvent en effet être effectués dans un petit coupleur, généralement à l'aide d'un actuateur électrostatique permettant d'exciter à l'aide d'un champ électro-magnétique la membrane du microphone aux différentes fréquences d'essai. Pour ces types de microphone, les corrections de réponse en fréquence en pression dans le coupleur et en champ libre peuvent être parfaitement déterminées pour chaque modèle de microphone et type de grille.

Pour les microphones de type piézoélectrique, équipant la majorité des instruments de classe 2, seule une vérification réelle en champ libre permet d'évaluer la réponse exacte des microphones.

Sans vouloir généraliser, car certains modèles de microphone piézo-électrique sont excellents et de fabrication très soignée, nous avons pu constater que plusieurs autres modèles de microphone piézo-électrique présentaient, d'un spécimen à l'autre, des écarts considérables de linéarité de réponse en fréquence. Ceci démontre l'absence d'un contrôle de qualité adéquat de certains manufacturiers ou l'admission de tolérances de production beaucoup trop élevées.

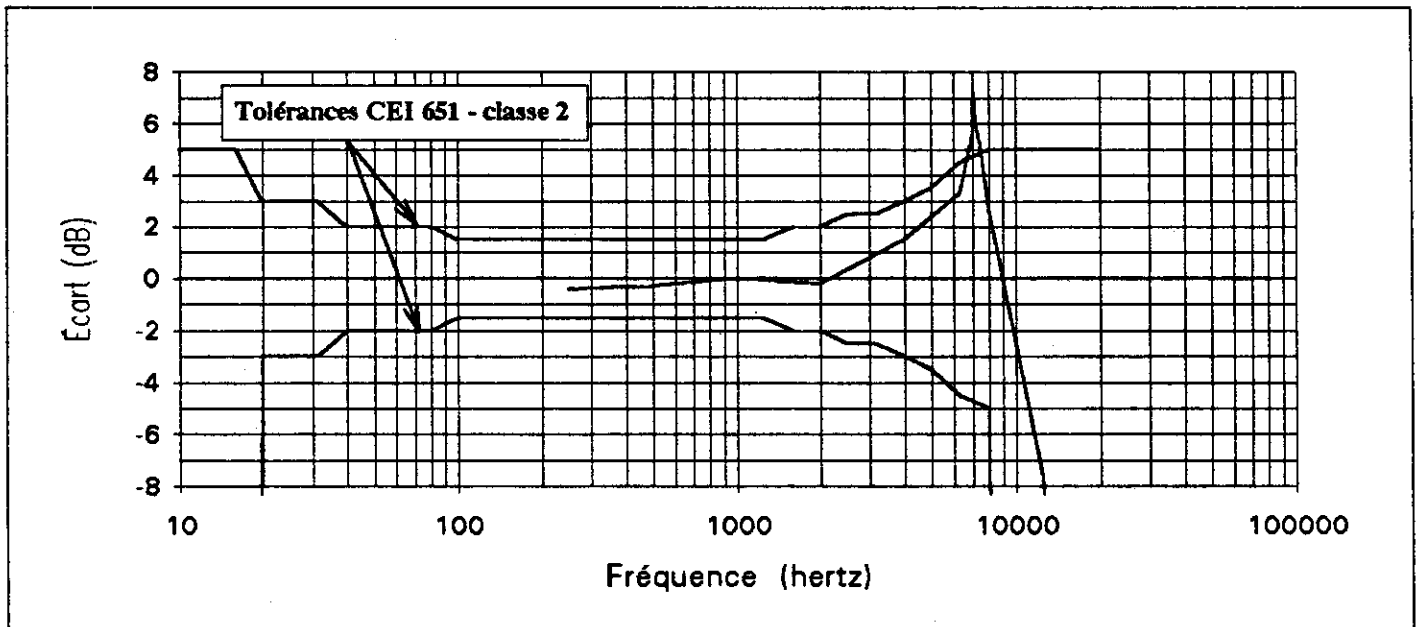
Nos laboratoires possèdent une chambre anéchoïque qui permet des essais très précis sur tous les types de microphone. À titre d'exemple nous fournissons ci-après, aux figures 1 et 2, deux courbes de réponse en fréquence obtenues sur deux spécimens d'un même modèle d'instrument. Notons en passant que nos essais de réponse en fréquence en champ libre sont toujours effectués pour 47 fréquences distinctes comprises entre 200 hertz et 20000 hertz. Pour les besoins de la présente illustration, les courbes présentées ici n'incluent que les résultats les plus significatifs obtenus. Les courbes présentent la réponse de deux instruments spécifiés de classe 2 par le manufacturier. L'erreur de 7,2 dB qui a été mesurée pour l'un des 2 spécimens aurait pu causer une erreur sur la mesure de certains des bruits que nous avons échantillonnés de plus de 500 %.



Réponse en fréquence en champ libre de l'appareil complet
(référence 1000 hertz-85 dB, incidence 0 degré)

Fréquence (Hz)	Écart (dB)	Tolérances de classe 2 (dB)		
250	0.0	-1.5	1.5	OK
500	0.0	-1.5	1.5	OK
1000	0.0	-1.5	1.5	OK
2000	-0.2	-2.0	2.0	OK
4000	0.8	-3.0	3.0	OK
6300	1.1	-4.5	4.5	OK
7000	2.1	-4.8	4.8	OK
7050	3.1	-4.8	4.8	OK
7100	3.2	-4.8	4.8	OK
7200	1.6	-4.8	4.8	OK
7500	0.6	-4.9	4.9	OK
8000	-1.9	-5.0	5.0	OK
12500	-14.2	-inf	5.0	OK
16000	-31.9	-inf	5.0	OK

Figure 1: Évaluation d'un instrument de classe 2 - (spécimen 1)



Réponse en fréquence en champ libre de l'appareil complet
(référence 1000 hertz-85 dB, incidence 0 degré)

Fréquence (Hz)	Écart (dB)	Tolérances de classe 2 (dB)		
250	-0.4	-1.5	1.5	OK
500	-0.3	-1.5	1.5	OK
1000	0.0	-1.5	1.5	OK
2000	-0.2	-2.0	2.0	OK
4000	1.5	-3.0	3.0	OK
6300	3.3	-4.5	4.5	OK
7000	5.6	-4.8	4.8	«NON»
7050	6.6	-4.8	4.8	«NON»
7100	7.2	-4.8	4.8	«NON»
7200	6.0	-4.8	4.8	«NON»
7500	5.2	-4.9	4.9	«NON»
8000	2.7	-5.0	5.0	OK
12500	-7.6	-inf	5.0	OK
16000	-22.1	-inf	5.0	OK

Figure 2: Évaluation d'un instrument de classe 2 - (spécimen 2)

Par conséquent, en raison de l'erreur importante sur les mesures qui peut être causée uniquement par le microphone, nous jugeons qu'il est nécessaire, pour tout instrument de mesure de bruit, d'obtenir une fiche d'étalonnage spécifique à l'instrument complet ou à son microphone seul.

Une telle fiche, idéalement produite annuellement par un laboratoire indépendant, peut seule à notre avis, garantir des mesures de bruit dans les limites de tolérances acceptables pour la classe de précision spécifiée par le manufacturier.

De notre expérience, on ne peut pas se fier entièrement au contrôle de qualité des manufacturiers que nous avons noté totalement inadéquat pour certains d'entre eux.

3.2 Exigences instrumentales pour la mesure des valeurs de crête

Un détecteur de crête est considéré comme une option sur un sonomètre et pour ce mode de fonctionnement, le manufacturier a seul la responsabilité de spécifier le temps de montée du détecteur ou toute autre spécification relative à ces caractéristiques.

La norme instrumentale CEI 651-1979 recommande cependant, pour les instruments de mesure de classe 1 et 2, que le temps de montée du détecteur de crête soit tel qu'une impulsion isolée d'une durée de 100 μ s produise une déviation qui ne soit pas inférieure de plus de 2 dB à celle produite par une impulsion de durée de 10 ms et de même amplitude. Notons qu'une impulsion de 10 ms correspond à un demi-cycle d'une onde carrée de 50 hertz.

De plus, aucun essai n'est spécifié dans les normes instrumentales pour évaluer la réponse en fréquence du détecteur de crête.

Nos laboratoires considèrent, pour l'établissement des spécifications d'achat d'instrument, que si un instrument de mesure du bruit possède un détecteur de crête, celui-ci doit rencontrer les "recommandations" de la norme CEI 651-1979 (constante de temps d'au moins 100 μ s).

De plus, nous croyons aussi qu'il est raisonnable d'exiger, que la réponse en fréquence du détecteur de crête, évaluée au moyen de sons purs continus entre 20 hertz et 20000 hertz satisfasse, à l'intérieur des limites spécifiées par la classe de précision de l'instrument, aux tolérances de pondération de la norme instrumentale pour la réponse en fréquence du circuit de moyenne efficace (RMS).

4. POSSIBILITÉS TECHNIQUES ET CRITÈRES D'ACQUISITION DES INSTRUMENTS DE MESURE

Grâce à l'évolution technologique et informatique, les instruments de mesure de bruit disponibles aujourd'hui, permettent d'effectuer des mesures précises et des analyses détaillées de l'exposition quotidienne des travailleurs.

Les sonomètres-intégrateurs portatifs modernes (ou dosimètres de bruit destinés à être portés par les travailleurs) peuvent mettre séquentiellement en mémoire les L_{Aeq,T_i} mesurés sur des durées variables T_i , peuvent aussi mettre en mémoire sur cet intervalle, la valeur de crête maximale du bruit pour l'évaluation du facteur de crête moyen et peuvent être connectés à une imprimante pour l'impression des résultats. Ces instruments sont aussi fournis avec des logiciels d'analyse et de traitement qui permettent de visualiser l'évolution de l'exposition, de calculer des doses d'exposition partielles à l'aide d'une fonction "zoom", de calculer des moyennes sur des échantillonnages répétés, de personnaliser les rapports de mesures imprimés.

Les possibilités étendues de ces nouveaux instruments permettent l'élaboration de stratégies d'intervention efficaces pour réduire les expositions identifiées comme les plus problématiques.

La compétition aidant, les logiciels d'application pour cette nouvelle génération d'instruments s'améliorent constamment et nous n'avons mentionné ici que quelques-unes des possibilités les plus couramment offertes.

Comme nous le verrons à la section 6, ces possibilités de traitement informatique des données échantillonnées par les instruments de mesure modernes peuvent simplifier grandement le calcul de l'exposition quotidienne au bruit d'un travailleur occupant différents postes de travail au cours d'une même journée.

Nous précisons ci-après quelques-uns des critères d'achat qui nous apparaissent minimalement devoir être exigés des instruments de mesure de bruit modernes destinés à un usage industriel.

4.1 Critères d'achat

Sonomètre-intégrateur manuel

- Conformité à la norme CEI 804-1985 (précision de classe 1 ou de classe 2);
- Gamme de mesure RMS de 80 dB(A) à 137 dB(A);
- Calcul du $L_{Aeq,T}$ sur une période comprise entre 10 secondes et 1 minute;
- Gamme de mesure de crête de 95 dB(Lin) à 140 dB(Lin);
- Détecteur de crête avec une constante de temps d'au moins 100 μ s;
- Détecteur de crête avec le choix d'une réponse pondérée Lin ou pondérée A;
- Fiche d'étalonnage spécifique indiquant la réponse en fréquence en champ libre du microphone ou de l'instrument complet.

Note: Pour la mesure d'autres types de bruit, la possibilité d'une mesure instantanée en dB(A)(Slow) s'avère très utile dans la pratique;

Sonomètre-intégrateur portatif

(ou dosimètre de bruit destiné à être porté par le travailleur)

- Conformité à la norme CEI-804-1985 (précision de classe 1 ou de classe 2);
- Gamme de mesure RMS de 80 dB(A) à 137 dB(A);
- Calcul des $L_{Aeq,T}$ sur une période comprise entre 1 minute et 10 minutes;
- Possibilité de stockage des $L_{Aeq,T}$ sur la durée complète d'une journée normale de travail (8 heures ou 12 heures selon l'industrie);
- Gamme de mesure de crête de 95 dB(Lin) à 140 dB(Lin);
- Détecteur de crête avec une constante de temps d'au moins 100 μ s;
- Détecteur de crête avec le choix d'une réponse pondérée Lin ou pondérée A;
- Possibilité de stockage de la valeur de crête maximale survenue au cours de chacune des périodes de calcul des $L_{Aeq,T}$;
- Impression directe sur imprimante des données échantillonnées;
- Logiciel de traitement permettant l'affichage des données échantillonnées et le calcul de doses partielles (fonction "zoom");
- Fiche d'étalonnage spécifique indiquant la réponse en fréquence en champ libre du microphone ou de l'instrument complet.

4.2 Liste de fournisseurs d'équipements de mesure de bruit

À titre indicatif et sans engagement de la part de l'IRSST, nous fournissons ici une liste de fournisseurs d'équipements de mesures de bruit. Ces fournisseurs peuvent être contactés pour obtenir une présentation complète des possibilités respectives de leur équipement.

- **Brüel & Kjaer Canada Ltée**, 90 chemin Leacock, Pointe-Claire Qué. H9R 1H1
tél: (514) 695-8225
- **Dalimar Instruments Inc.**, C.P. 110, Ste-Anne de Bellevue, Qué. H9X 3L4
tél: (514) 453-0033
- **Dur-Pro Ltée**, 3505 rue Isabelle, Suite "N", Brossard, Qué. J4Y 2R2
tél: (514) 659-7781
- **Instruments de contrôle Sscan-Grodyne**, Division d'équipement de Sécurité Safety Supply, 8210 Route Transcanadienne, St-Laurent, Qué. H4S 1S2
tél: (514) 332-5903
- **Levitt-Sécurité Limitée**, 675 Avenue Lépine, Dorval, Qué. H9P 1G3
tél: (514) 636-9011
- **Scantek Inc.**, 916 Gist Avenue, Silver Spring, MD, USA 20910
tél: (301) 495-7738
- **Sonométrie Inc.**, 5757 Decelles, Bureau 514, Montréal, Qué. H3S 2C3
tél: (514) 345-0894

5. INSTRUMENTS RÉCENTS ET CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE ACTUEL

5.1 Spécifications instrumentales et méthodologique du Règlement

Nous ferons ici, en premier lieu, un examen critique de la réglementation actuelle. Ceci nous permettra de constater, d'une part, qu'il y a toujours matière à amélioration dans une réglementation, mais surtout, de constater que les dispositions réglementaires actuelles permettent d'utiliser les outils de mesures modernes et précis, selon des directives d'évaluation spécifiques, pour satisfaire aux objectifs de la réglementation.

Les articles 54 et 55 du Règlement sur la qualité du milieu de travail [16] font référence aux normes ACNOR Z107.1-1973 et ACNOR Z107.5-1975 pour les instruments de mesure et à la norme ACNOR Z107.2-1973 pour la méthode de mesure du bruit.

Tant pour la mesure des bruits impulsionnels que pour la mesure des bruits stables ces références soulèvent différents problèmes qui sont examinés ci-après.

Le Règlement mentionne la norme instrumentale ACNOR Z107.1-1973 intitulée "Sonomètres" comme devant stipuler toutes les caractéristiques et les degrés de précision des instruments de mesure de bruit aux fins d'application de la section "Bruit" du Règlement.

Il est cependant clairement stipulé dans la norme ACNOR Z107.1-1973 qu'un sonomètre qui respecterait l'ensemble des exigences de cette norme ne permet pas la mesure du niveau moyen des bruits qui fluctueraient dans le temps ou qui comporteraient des composantes dues à des impacts.

Nous citons à cet effet un extrait de l'introduction de cette norme:

"Pour des sons discontinus, et pour des sons comportants des pics de pression acoustique... d'autres appareils spécialisés sont exigés..."

Il est précisé plus loin dans cette norme que les composantes du bruit dues aux impacts ne doivent pas en fait dépasser de plus de 10 dB le niveau efficace de bruit, auquel cas les exigences de cette norme ne permettent plus d'assurer une mesure correcte du niveau sonore moyen. Ceci restreint énormément le domaine d'utilisation d'un tel instrument en milieu industriel.

Le Règlement fait mention dans ces articles 48 et 49 à des mesures des valeurs de crêtes des bruits d'impact. Or la seule norme instrumentale spécifiée, ACNOR Z107.1-1973, ne fait aucune mention de caractéristiques instrumentales minimales (constante de temps minimum, gamme de mesure, tolérances, etc.) pour les sonomètres qui posséderaient un détecteur de crête. Seule la norme CEI 651-1979 formule des "recommandations" pour les instruments possédant un détecteur de crête.

Pour compléter les spécifications instrumentales, le Règlement mentionne au second paragraphe de l'article 54 que les filtres d'analyse en fréquences doivent se conformer à la norme ACNOR Z107.5-1975 sans plus. Cependant cette norme stipule les spécifications de filtres d'analyse de 3 classes de précision. Les filtres de classe 1 ne sont pas suffisamment sélectifs pour permettre de déterminer avec assez de précision la présence des fréquences prédominantes. Les filtres de classe 3, pour leur part, sont extrêmement sélectifs et sont spécialement conçus pour un usage de laboratoire lorsqu'une très grande précision est requise.

En ce qui concerne la méthodologie de mesure, le Règlement précise à l'article 55 que le bruit doit être mesuré conformément à la norme ACNOR Z107.2-1973 intitulée "Méthode de mesures des niveaux de pressions acoustiques".

Cette norme contient un ensemble de recommandations et de principes généraux utiles aux ingénieurs pour la prise de mesures de bruit ayant pour but de "caractériser le bruit émis par les machines" dans différentes conditions d'environnement. Cette norme n'est cependant d'aucune utilité lorsque le but des mesures est de quantifier l'exposition au bruit d'un travailleur.

Notons enfin que le Règlement spécifie, à l'article 46, deux méthodes qui peuvent être utilisées indifféremment pour le calcul de l'exposition quotidienne au bruit des travailleurs. La méthode de calcul spécifiée à l'article 46 a) est très précise tandis que celle mentionnée à l'article 46 b) est incomplète car elle ne définit pas clairement ce qui est entendu par "niveau instantané" de bruit. Comme nous le verrons dans la prochaine section, ceci a cependant un impact majeur sur les résultats de mesure de l'exposition quotidienne.

Si on dresse un bilan du contenu actuel du Règlement en ce qui concerne l'instrumentation de mesure et la méthode d'évaluation de l'exposition au bruit, nous constatons que :

- Les caractéristiques des instruments permettant la mesure des bruits à caractère impulsionnel (facteur de crête > 10 dB) ne sont pas mentionnées et le Règlement est muet en ce qui concerne l'usage possible des sonomètres-intégrateurs ou des dosimètres de bruit;
- La mesure des valeurs de crête des bruits d'impact ne comporte aucune référence à des caractéristiques de précision minimales qui pourraient être exigées;
- La mesure de la présence de fréquences prédominantes ne fait référence à aucune précision minimale;
- Aucune référence n'est faite à une méthode d'évaluation de l'exposition professionnelle au bruit, ce qui implique qu'aucune indication n'est donnée en ce qui concerne les techniques d'échantillonnage, la validation des résultats, le contenu minimal d'un rapport de mesure, etc....

- L'article 54 du Règlement spécifie l'usage d'un "sonomètre" pour l'application du Règlement. Cet article réglementaire fourni par conséquent l'indication claire que la mesure du niveau moyen de bruit à chaque poste de travail doit être évalué sur la base de son énergie acoustique moyenne. En effet, il faut noter que les circuits de mesure d'un sonomètre, conforme à la norme ACNOR Z107.1-1973, sont conçus pour évaluer et afficher la valeur efficace moyenne (RMS) de la pression acoustique soit, en l'occurrence, l'énergie acoustique moyenne du bruit. Nous verrons par la suite que cet article 54 du Règlement permet et exige même une mesure correcte de tout type de bruit.

5.2 Problème relié à l'utilisation de divers types d'instruments

Le Règlement québécois sur la qualité du milieu de travail est actuellement basé sur le critère qu'une augmentation ou une diminution du niveau moyen de bruit de 5 dB (facteur de 3.16) permet respectivement une diminution ou une augmentation de la durée d'exposition permissible par un facteur 2.

Nous avons déjà étudié différents aspects pour comparer les doses d'exposition mesurées d'une part à l'aide d'instruments équivalant au sonomètre, et donc réglés pour donner une mesure de la valeur efficace de la pression acoustique moyenne (niveau moyen RMS de bruit), et d'autre part à l'aide de dosimètres de bruit réglés selon OSHA (Slow).

Nos comparaisons ont porté sur l'influence de l'intermittence du bruit [9], l'influence des constantes de temps [8], l'influence du facteur de bissection et du seuil d'intégration [4], etc.

Ainsi, nous avons déjà conclu [4] que l'utilisation de l'un ou l'autre des instruments de mesure aurait un impact peu significatif sur la valeur mesurée du niveau moyen de bruit (L_{Aeq}) exprimé en dB(A), lors de la mesure de bruits possédant un caractère impulsionnel peu élevé et lorsque l'exposition quotidienne à une même source de bruit couvrait la période complète de travail.

De plus, nous avons aussi déjà mis en évidence un comportement jugé anormal pour le dosimètre de bruit réglé selon OSHA [8] qui démontrait que ce type de dosimètre pouvait sous-estimer intrinsèquement l'exposition à du bruit permanent et ce, d'une manière d'autant plus importante que le facteur de crête de ce bruit permanent était élevé.

Le même type de comparaison sur la mesure du niveau moyen de bruit (L_{Aeq}) a été effectué à l'aide des bruits impulsionnels industriels permanents que nous avons échantillonnés.

Pour l'évaluation de l'exposition quotidienne d'un travailleur, le Règlement mentionne à l'article 46 *a* et *b*, l'usage possible de deux méthodes de calcul de l'exposition quotidienne ($L_{Aeq,8h}$) pour l'évaluation du respect des limites réglementaires d'exposition spécifiées à l'article 45.

Les deux méthodes de calcul diffèrent cependant l'une de l'autre par le fait que le critère de 5 dB est appliqué, pour l'article 46 a) après que ne soient évalués les différents niveaux moyens de bruit auxquels peut être exposé un travailleur dans sa journée de travail, tandis que l'article 46 b) applique le critère de 5 dB pendant l'évaluation des différents niveaux moyens de bruit auxquels un travailleur peut être exposé.

Nous avons donc appliqué ces deux méthodes de calcul pour mesurer les niveaux réglementaires d'exposition $L_{Aeq,8h}$, à la quinzaine de bruits impulsionnels échantillonnés.

Pour comparer les résultats obtenus, les 15 bruits impulsionnels sont tout d'abord présentés ordonnés en fonction des valeurs de leur facteur de crête moyen tel qu'apparaissant au tableau 1 ci-après.

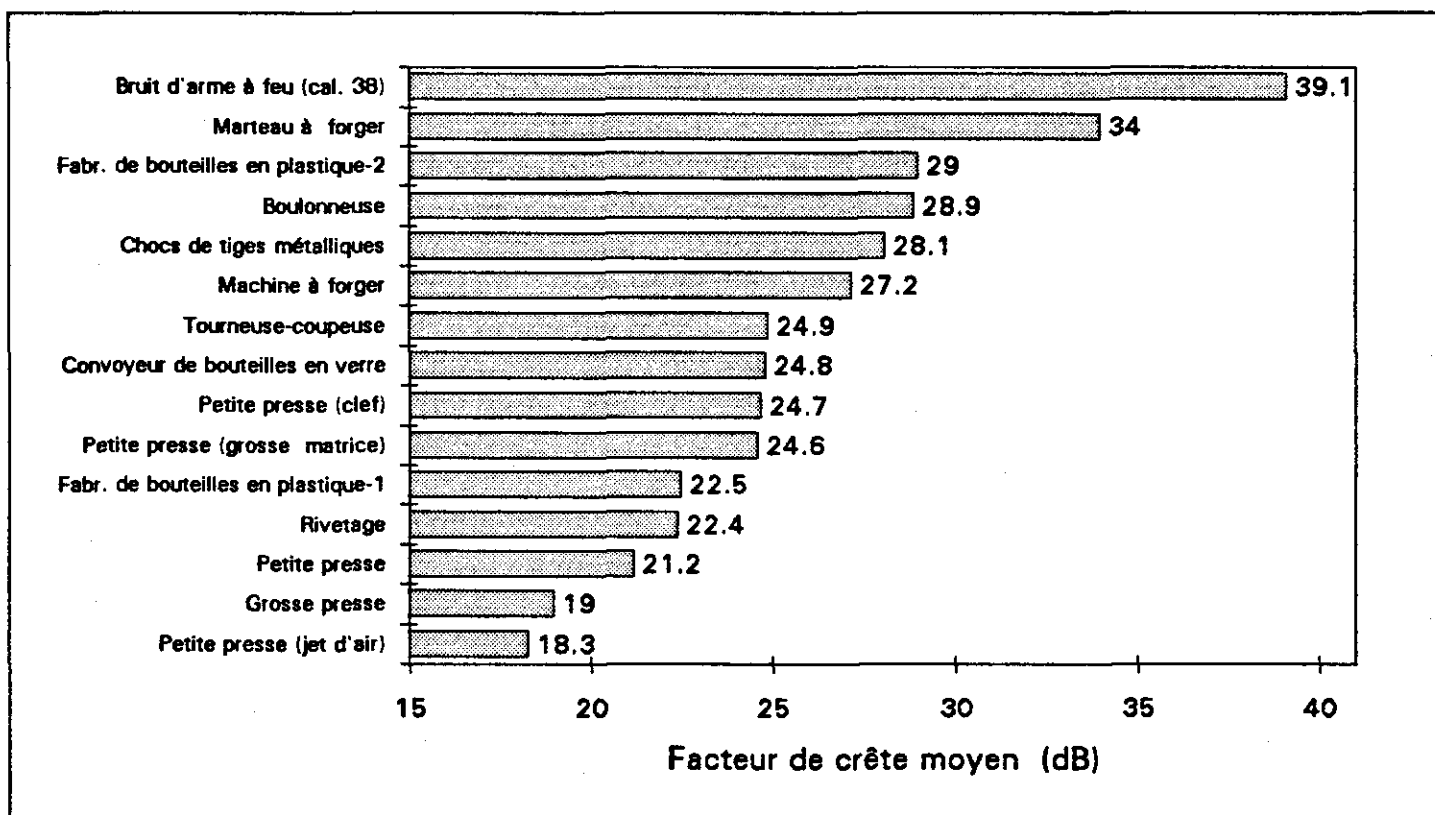


Tableau 1: Facteurs de crête moyens d'une quinzaine de bruits impulsionnels

Le tableau 2, ci-après, présente dans le même ordre les différences de résultats de mesures d'exposition obtenus lorsque les mesures sont effectuées par trois types d'instruments de mesure de bruit différents soient:

- la mesure du niveau efficace moyen de bruit (valeur RMS de la pression acoustique) établie à l'aide d'un sonomètre (instrument réglementaire) conformément à la méthode de calcul de l'article 46 a);

Note : Dans le tableau, cette mesure est prise comme $L_{Aeq,T}$ de référence (0 dB) pour comparer les résultats des mesures effectuées par les autres types d'instruments.

- la mesure d'un "niveau moyen de bruit" effectuée par un dosimètre de bruit réglé selon OSHA (Slow) conformément à la méthode de calcul de l'article 46 b);(*)
- et la mesure d'un "niveau moyen de bruit" effectué par un dosimètre de bruit réglé selon OSHA (Fast) conformément à la méthode de calcul de l'article 46 b).(*)

(*) Note : Nous présentons les différences de mesures pour un dosimètre réglé en OSHA (Slow) et pour un dosimètre réglé en OSHA (Fast) car seuls ces deux modes de mesure sont disponibles sur certains dosimètres de bruit et que, rappelons-le, l'article 46 b) mentionne un niveau de bruit "instantané" pour les mesures sans spécifier la constante de temps.

Comme nous pouvons le constater au tableau 2, cette constante de temps joue pourtant un rôle majeur sur le "niveau moyen de bruit" mesuré.

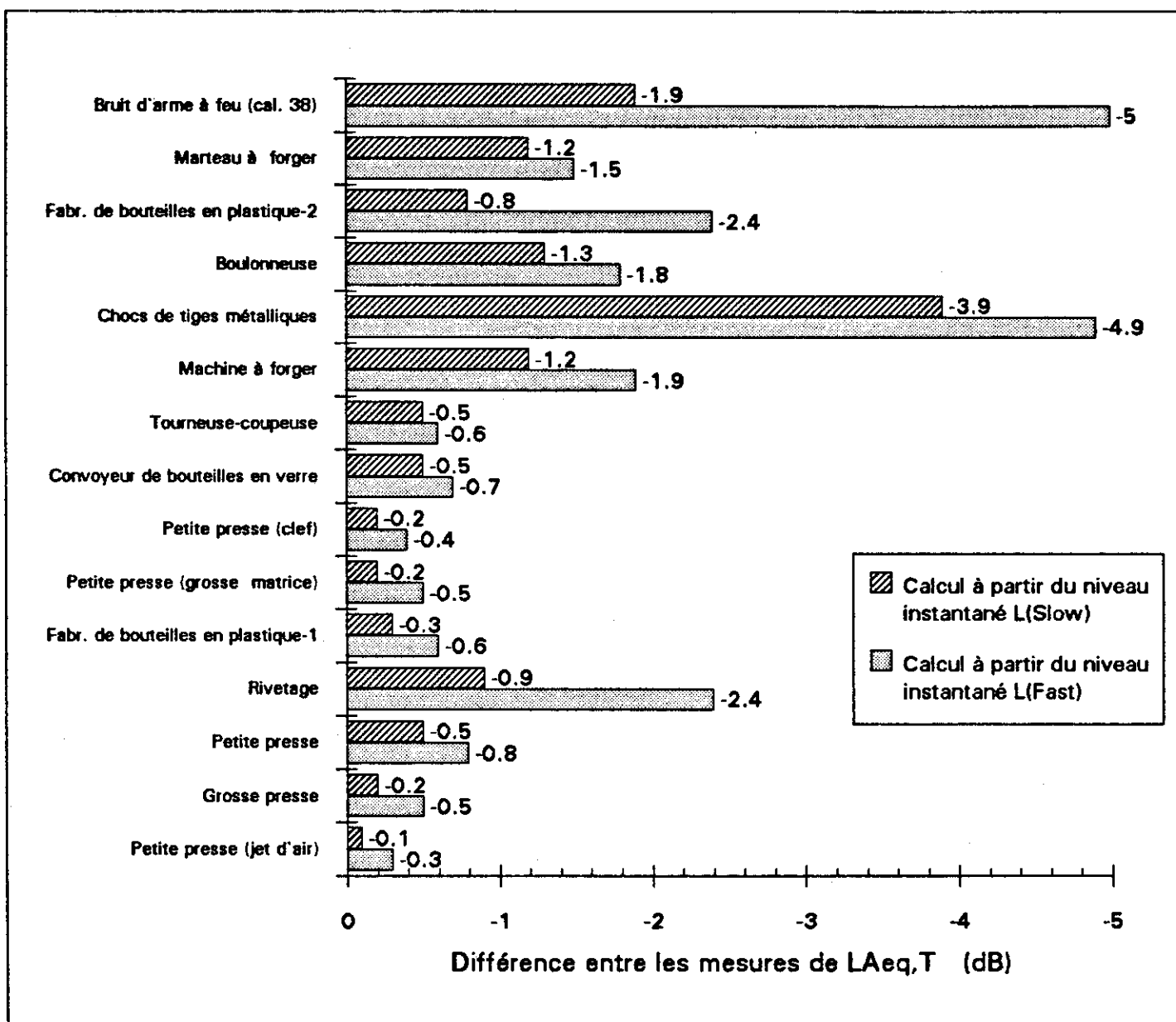


Tableau 2: Différences entre les résultats d'évaluation de l'exposition selon qu'ils soient calculés conformément à l'article 46 a) ou conformément à l'article 46 b) du règlement

Note: les niveaux d'exposition sont normalisés par rapport aux niveaux calculés selon la méthode de calcul décrite à l'article 46 a)

Ces résultats comparatifs de mesure des bruits impulsionnels confirment les résultats des études précédentes [8,9] établis à l'aide de la modélisation mathématique des circuits de mesure de sonomètres et de dosimètres de bruit réglés selon OSHA.

Nous constatons en effet que :

- pour des bruits permanents comportant des composantes impulsionnelles, les niveaux d'exposition mesurés par un dosimètre réglé selon OSHA (Slow ou Fast) sont toujours sous-évalués par rapport à ceux mesurés par un sonomètre (instrument réglementaire);
- en raison de l'introduction dans le principe de mesure OSHA d'une fonction exponentielle dans le temps (constante Slow ou Fast) et d'une fonction exponentielle en amplitude (facteur de bissection de 5 dB), aucune loi de conversion directe entre les mesures de pression acoustique moyenne effectuées par un sonomètre et les mesures effectuées par un dosimètre réglé selon OSHA ne peut être établie. Ceci dépendant en effet étroitement des durées unitaires, des amplitudes et des cadences de répétition des composantes impulsionnelles caractérisant chacun des bruits impulsionnels;
- plus la constante de temps d'un dosimètre réglé selon OSHA est courte (Fast comparé à Slow), plus le niveau moyen efficace (RMS) de la pression acoustique des bruits à caractère impulsionnel est sous-évalué;
- sans qu'une loi claire ne puisse être définie, nous constatons que l'incapacité d'un dosimètre réglé selon OSHA à établir le niveau moyen efficace d'un bruit permanent comportant des composantes impulsionnelles, augmente au fur et à mesure qu'augmente la contribution de ces composantes impulsionnelles sur le niveau moyen efficace réel des bruits. Il s'en suit que plus l'exposition au bruit est causée par du bruit à caractère impulsionnel, plus la mesure d'exposition faite par un dosimètre réglé selon OSHA est incorrecte.

Ces résultats démontrent que le niveau moyen efficace (RMS) de bruits impulsionnels permanents est incorrectement évalué par un dosimètre réglé en OSHA et par conséquent, nous considérons que cet instrument ne devrait pas être utilisé pour la vérification du respect des limites réglementaires d'exposition.

Les deux méthodes de calcul spécifiées à l'article 46 a) et b) devraient probablement, selon le législateur, fournir les mêmes résultats car comparables aux mêmes limites d'exposition.

Nous croyons qu'il y a ici un problème très sérieux. En effet, nous venons de démontrer que lorsque le bruit possède un caractère impulsionnel, les deux méthodes d'évaluation spécifiées par le Règlement actuel ne fournissent pas une mesure identique de l'exposition quotidienne d'un travailleur.

Par conséquent, en tenant compte du développement technique des instruments de mesure du bruit, de la récente normalisation des caractéristiques de ces mêmes instruments pour la mesure des bruits impulsionnels et des résultats des recherches effectuées sur la précision et sur le comportement de certains types d'instruments de mesure du bruit en présence de bruits à caractère impulsionnel, nous considérons que la seule méthode de calcul qui devrait aujourd'hui être utilisée est celle décrite à l'article 46 a) du Règlement. Cette méthode, basée sur l'évaluation du niveau moyen efficace de bruit, pour chaque poste de travail occupé quotidiennement par un travailleur, est exacte quelque soit le type de bruit, impulsionnel ou non. Notons que le Règlement à l'avantage d'être précis sur la manière de l'appliquer.

Nous fournissons donc dans la section suivante quelques directives complémentaires pour son application.

6. DIRECTIVES DE MESURAGE RELIÉES AU RESPECT DU RÈGLEMENT

Les présentes directives de mesurage ont comme particularités de :

- se conformer à la lettre et à l'esprit de la section "Bruit" du Règlement sur la qualité du milieu de travail pour l'évaluation du respect des limites réglementaires d'exposition actuelles;
- de permettre l'usage des meilleurs instruments de mesure de bruit disponibles aujourd'hui, entre autres, les sonomètres-intégrateurs manuels ou portatifs conformes à la norme instrumentale CEI 804-1985, qui effectuent la mesure du niveau efficace moyen de pression acoustique ou niveau continu équivalent $L_{Aeq,T}$ et donc, effectuent la mesure physique exacte du contaminant industriel qu'est le bruit;
- de permettre, par surcroît, le calcul d'autres indices d'exposition au bruit utiles aux hygiénistes industriels lorsqu'ils ont à définir leurs priorités d'intervention et à élaborer des programmes de santé aptes à prévenir l'apparition des surdités professionnelles. Par exemple en suivant les directives d'analyse spécifiées dans la norme ISO 1999 (1990) [15].

Comme nous l'avons affirmé précédemment, la méthode de calcul de l'exposition quotidienne stipulée à l'article 46 a) est claire et le Règlement est précis sur son application. Cette méthode de calcul requiert cependant d'obtenir le niveau efficace moyen ($L_{Aeq,T}$) correspondant pour chaque poste de travail occupé par un travailleur durant sa journée complète de travail.

Les directives énoncées ici ne serviront donc principalement qu'à apporter des précisions sur l'utilisation des instruments de mesure, dans le but de quantifier le ou les niveaux efficaces moyens de bruits $L_{Aeq,T}$ auxquels un travailleur peut être exposé au cours de sa journée de travail.

Pour préciser le type d'instrument à utiliser, rappelons à ce propos l'énoncé de l'article 54 du Règlement sur la qualité du milieu de travail.

Note : La lecture qui en est faite est commentée après son énoncé.

- **article 54 : Pour l'application de la présente section (Bruit), le niveau du bruit doit être mesuré à l'aide d'un sonomètre....**

Un sonomètre affiche le niveau de bruit proportionnellement à la valeur efficace (RMS) de la pression acoustique.

En pratique la plupart des bruits industriels sont hautement fluctuants, par conséquent en utilisant un sonomètre conventionnel à affichage à aiguille un nombre considérable de lectures serait requis, sur l'affichage instable, pour déterminer la vraie valeur du niveau efficace moyen de bruit.

Pour pallier à la difficulté de cette évaluation manuelle nous disposons aujourd'hui d'un instrument appelé "sonomètre-intégrateur". Cet instrument effectue automatiquement et de manière très précise le calcul du niveau efficace moyen de bruit.

Nous estimons donc que lorsque le niveau efficace moyen du bruit à un poste de travail est difficile à évaluer au moyen d'un sonomètre conventionnel, il est entièrement justifié d'utiliser alors un sonomètre-intégrateur (ou un sonomètre-intégrateur portatif placé sur le travailleur) pour établir ce niveau efficace moyen de bruit.

Tout comme pour le sonomètre conventionnel, qui ne possède pas de seuil de mesure, nous estimons aussi que le sonomètre-intégrateur, manuel ou portatif, ne doit pas lui non plus posséder un seuil de mesure.

Note: Le niveau minimal de mesure ne dépendrait alors que de la limite inférieure de la gamme de mesure sélectionnée sur l'instrument. La limite réglementaire actuelle étant fixée à 90 dB(A)_{8h}, le choix d'une gamme de mesure s'étalant au moins de 80 dB(A) à 137 dB(A) conviendrait alors parfaitement.

En effet en utilisant la méthode de calcul spécifiée à l'article 46 a), telle que recommandée dans le présent rapport, les niveaux efficaces moyens de bruit inférieurs à 85 dB(A) seront automatiquement écartés lors du calcul de l'exposition quotidienne totale d'un travailleur exposé à différents niveaux efficaces moyens de bruits au cours de sa journée de travail.

Pour la vérification de la conformité d'une exposition quotidienne aux limites réglementaires, les mesures des niveaux efficaces moyens de bruit $L_{Aeq,Ti}$, obtenues d'un sonomètre-intégrateur manuel ou portatif, pour chaque poste de travail différent, n'ont qu'à être comptabilisées en suivant les directives stipulées à l'article 46 a).

Si on utilise, pour les mesures, un sonomètre-intégrateur portatif (ou dosimètre de bruit porté par un travailleur), les paramètres d'ajustement de celui-ci devront être :

- niveau de seuil : aucun
- facteur de bissection : 3

Si le travailleur est affecté à un seul poste de travail au cours de sa journée complète de travail, la mesure du niveau efficace moyen de bruit $L_{Aeq,T}$ obtenue pourra être directement comparée aux limites d'exposition quotidienne permises spécifiées à l'article 45 du Règlement pour le temps d'exposition T.

Si le travailleur occupe des postes de travail différents au cours de sa journée, qui possiblement l'exposeront à des niveaux efficaces moyens de bruit différents, les mesures des niveaux efficaces moyens $L_{Aeq,Ti}$ spécifiques à chacun des postes de travail devront obligatoirement être obtenues séparément et son exposition quotidienne pourra alors être calculée selon la méthode décrite à l'article 46 a) du Règlement.

Dans ce dernier cas, il y aurait un très grand avantage à utiliser des sonomètres-intégrateurs portatifs (dosimètres de bruit) à mémoire séquentielle en association avec un logiciel d'exploitation des mesures comportant une fonction "zoom". Ce logiciel permettrait, après que le travailleur ait porté son dosimètre de bruit durant toute sa journée de travail, le calcul ultérieur des doses partielles d'exposition $L_{Aeq,Ti}$ propres à chacun des postes de travail occupés. Une fois ces doses partielles $L_{Aeq,Ti}$ obtenues, celles-ci devront être additionnées conformément à la méthode de calcul décrite à l'article 46 a) du Règlement et la dose d'exposition quotidienne résultante pourra alors être comparée aux limites d'exposition quotidienne permises spécifiées à l'article 45 du Règlement pour le temps d'exposition total du travailleur.

Note: Un exemple de calcul de l'exposition quotidienne d'un travailleur occupant plus d'un poste de travail dans sa journée normale de travail est présenté à l'annexe B.

7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Depuis la promulgation, il y a près de 15 ans, du Règlement sur la qualité du milieu de travail, de nombreux travaux de normalisation ont été effectués.

La réglementation actuelle est claire mais elle pourrait mentionner l'utilisation des instruments de mesure modernes et précis pour les bruits impulsionnels. Ceci se comprend toutefois, car à l'époque de l'adoption du Règlement, aucune norme instrumentale adéquate n'existait.

Nous pouvons penser que lors de la révision de la section "*Bruit*" du Règlement, les problèmes techniques et méthodologiques identifiés à la section 5 du présent rapport pourraient être corrigés.

Le Règlement pourrait alors possiblement aussi spécifier comme méthode de mesure de l'exposition, l'utilisation de la norme **CAN/CSA Z107,56-1986** [14] intitulée "**Méthode de mesure de l'exposition au bruit en milieu de travail**" récemment préparée par l'Association canadienne de normalisation.

La norme CAN/CSA Z107,56-1986 serait en fait l'unique référence nécessaire dans la section "*Bruit*" du Règlement sur la qualité du milieu de travail.

Cette norme en effet précise le domaine d'utilisation des trois principaux types d'instruments de mesure de bruit soit, le sonomètre-intégrateur, le sonomètre-intégrateur portatif (ou dosimètre de bruit) et le sonomètre, décrit leur méthode d'utilisation spécifique et contient les références appropriées aux normes instrumentales. Cette norme indique les techniques d'échantillonnage spécifiques à ces trois types d'instruments, précise les critères de validation des mesures d'exposition et stipule le contenu minimal d'un rapport de mesure d'exposition au bruit. Cette norme enfin peut être utilisée quelles que soient les limites d'exposition ou méthodes de calcul réglementaires.

Du strict point de vue instrumental, nous sommes à l'aube de techniques de mesure du bruit qui peuvent caractériser correctement le bruit comme phénomène physique et fournir la description précise d'une exposition relativement à ces effets nocifs sur la santé.

Comme nous l'avons constaté, ce n'est en effet que tout récemment que nous disposons d'instruments de mesure de bruit précis et normalisés et d'une méthode d'échantillonnage permettant la rédaction de rapport de mesure d'exposition valide.

Il a été possible de constater que certains types d'instruments fournissaient des résultats incorrects vis-à-vis de l'évaluation réglementaire des limites d'exposition et que par conséquent, pour une mesure réglementaire précise des bruits fluctuants, intermittents et de caractère impulsionnel, ces instruments ne devraient plus être utilisés.

Les directives de mesurage proposées ont l'avantage de reposer sur la mesure exacte d'un paramètre physique du contaminant industriel qu'est le bruit, soit le niveau efficace moyen de la pression acoustique, tel que permis et préconisé par la réglementation actuelle.

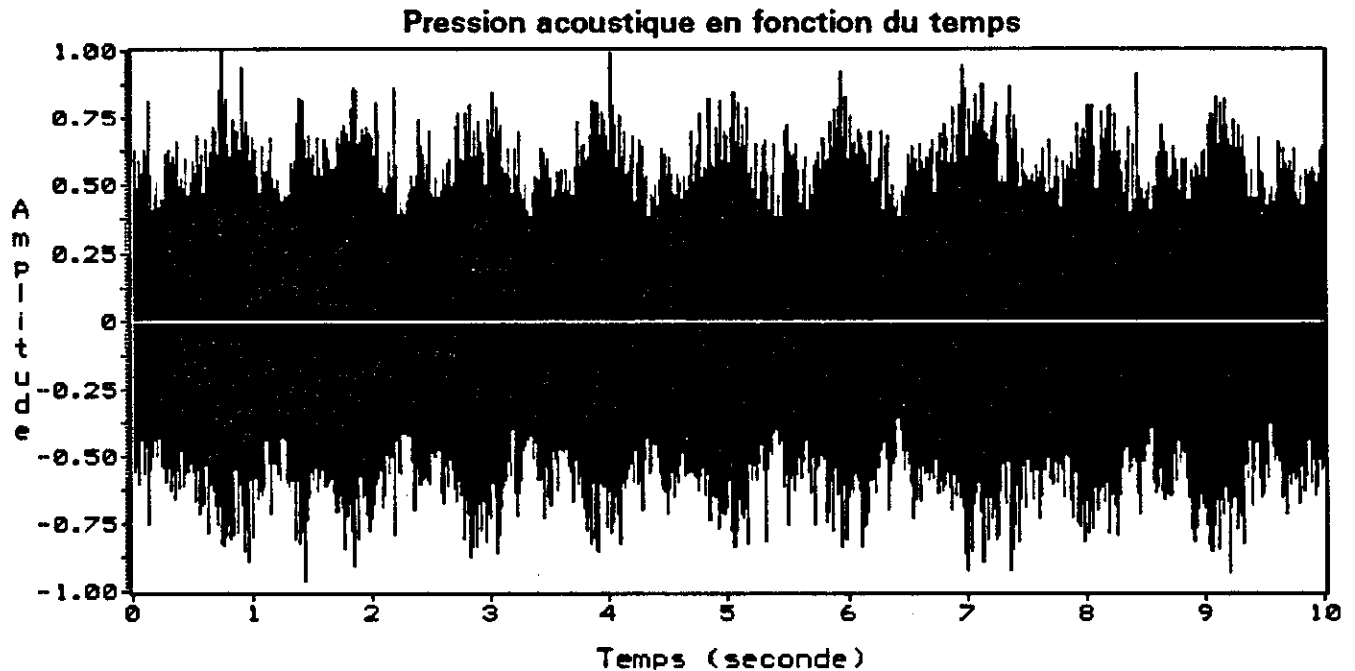
Cette quantification permet donc aux hygiénistes industriels le calcul du respect des limites réglementaires actuelles et aux ingénieurs en contrôle du bruit l'accès à des résultats d'évaluation de niveaux de bruit corrects, utilisables pour orienter leurs actions.

Les problèmes techniques et méthodologiques actuellement présents dans la section "Bruit" du Règlement sur la qualité du milieu de travail seraient complètement résolus en spécifiant simplement que les mesures d'exposition au bruit devraient être effectuées conformément à la récente norme CAN/CSA Z107,56-1986.

Annexe A: Fiches signalétiques des 15 bruits impulsionnels

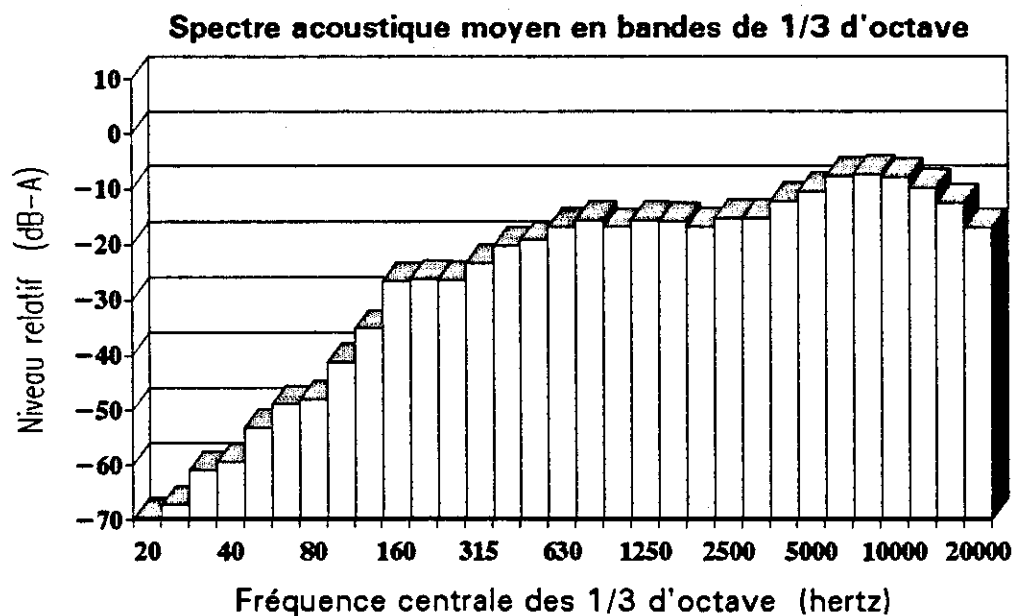
Source de bruit: Petite presse - jet d'air

Description: Petite presse utilisée pour la fabrication de petites charnières métalliques comportant un système d'alimentation pneumatique avec valves d'échappement



Durée complète d'un cycle: 1,1 s
Facteur de crête moyen: 18,3 dB

Nombre d'impulsion par seconde: 1,6
Facteur de forme: 1,266 Ca: 3,249



Bande de fréquence dominante: 8000 hertz

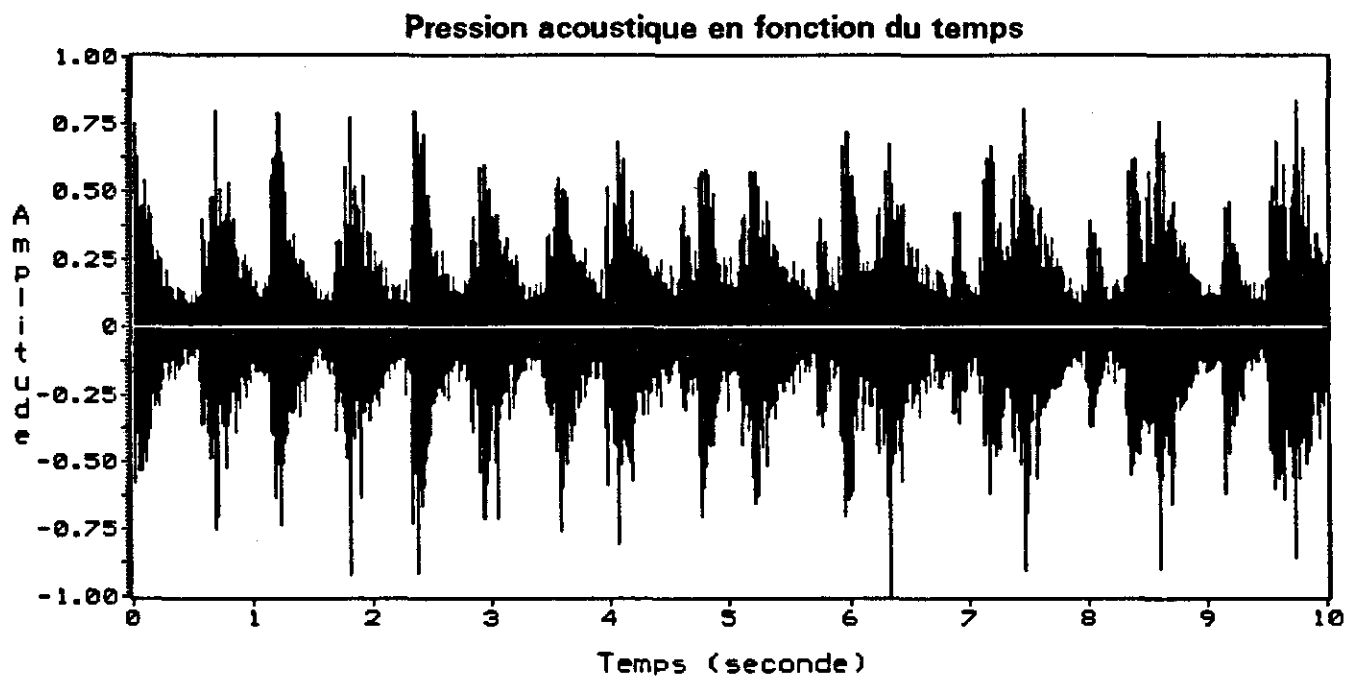
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 1,7 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,1 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,3 dB(A)

Source de bruit: Grosse presse

Description: Presse de 15 tonnes utilisée pour le perçage de pièces de métal

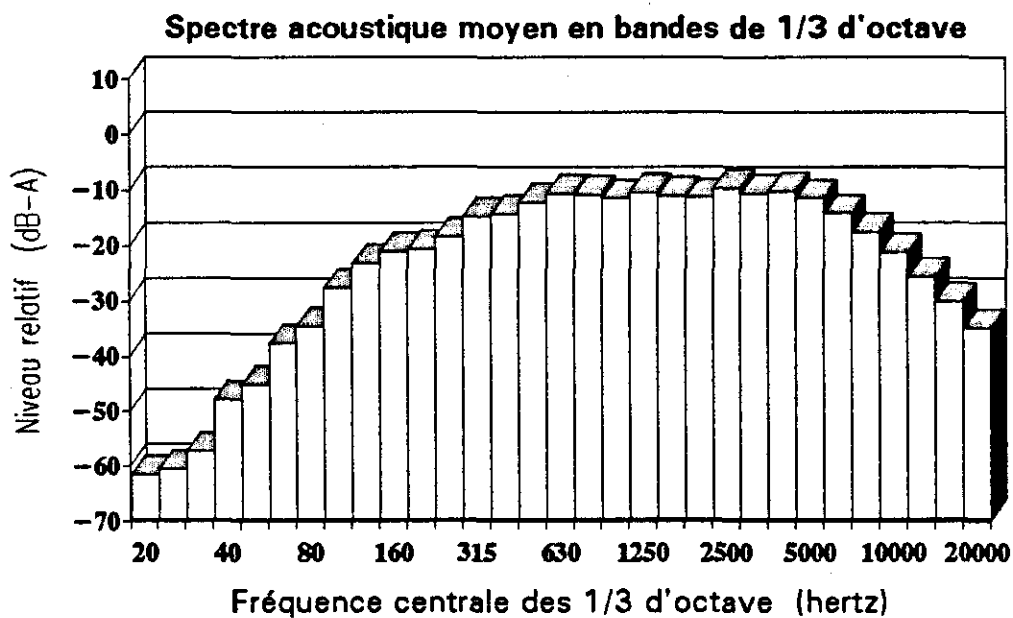


Durée complète d'un cycle: 0,56 s

Nombre d'impulsion par seconde: 2,2

Facteur de crête moyen: 19,0 dB

Facteur de forme: 1,419 Ca: 6,597



Bande de fréquence dominante: 2500 hertz

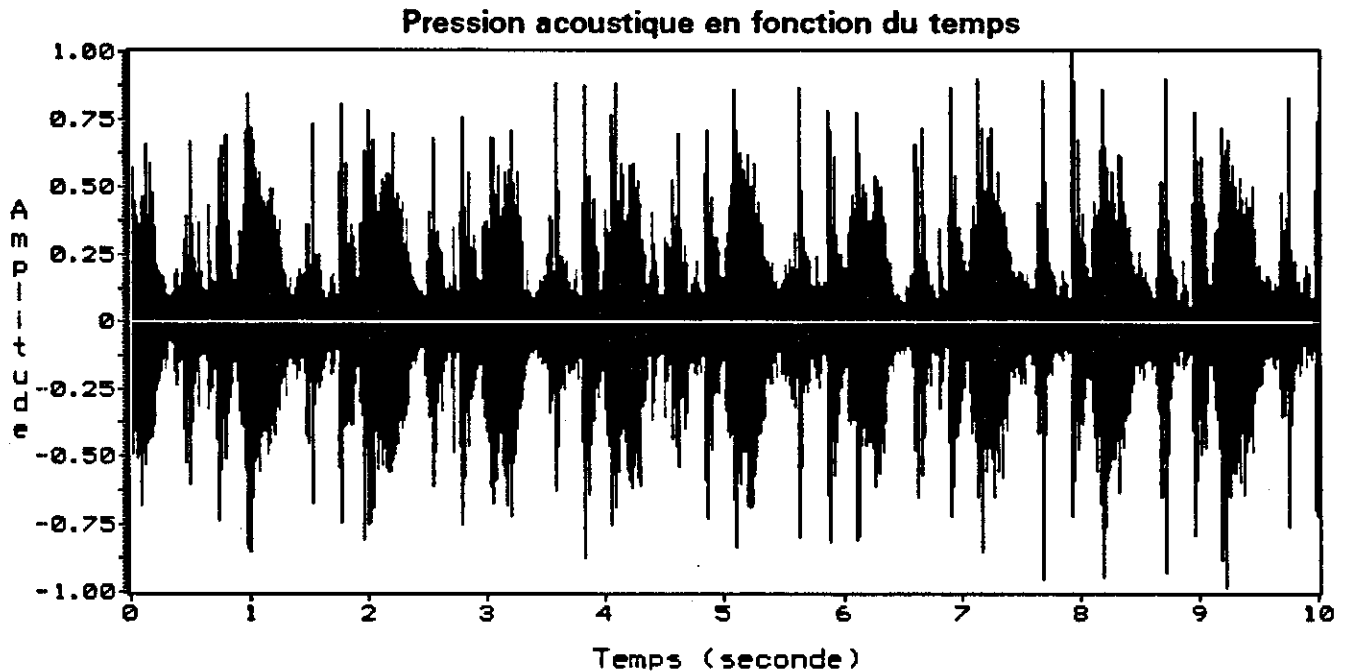
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,1 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,2 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,5 dB(A)

Source de bruit: Petite presse

Description: Fabrication de petites pièces métalliques

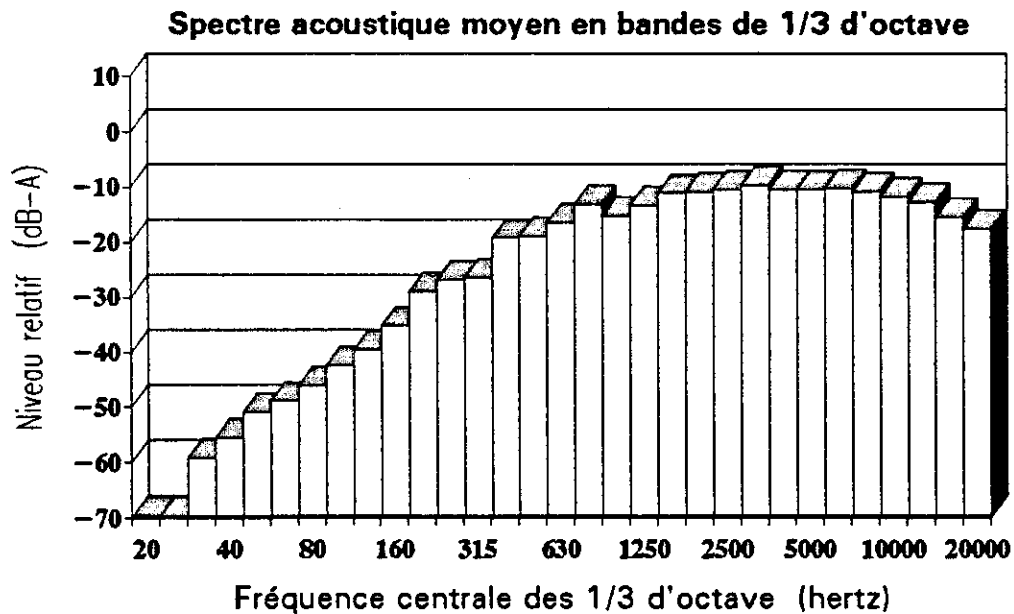


Durée complète d'un cycle: 1,1 s

Nombre d'impulsion par seconde: 3

Facteur de crête moyen: 21,2 dB

Facteur de forme: 1,422 Ca: 6,389



Bande de fréquence dominante: 3150 hertz

LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,8 dB(A)

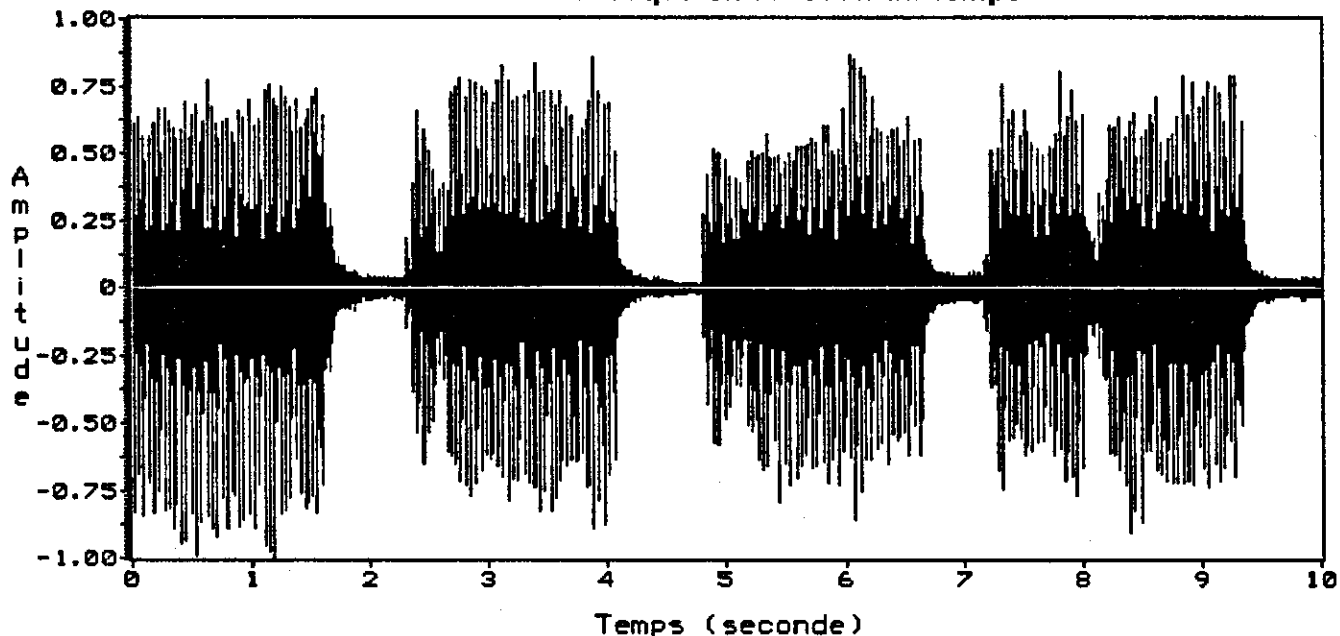
LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,5 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,8 dB(A)

Source de bruit: Rivetage

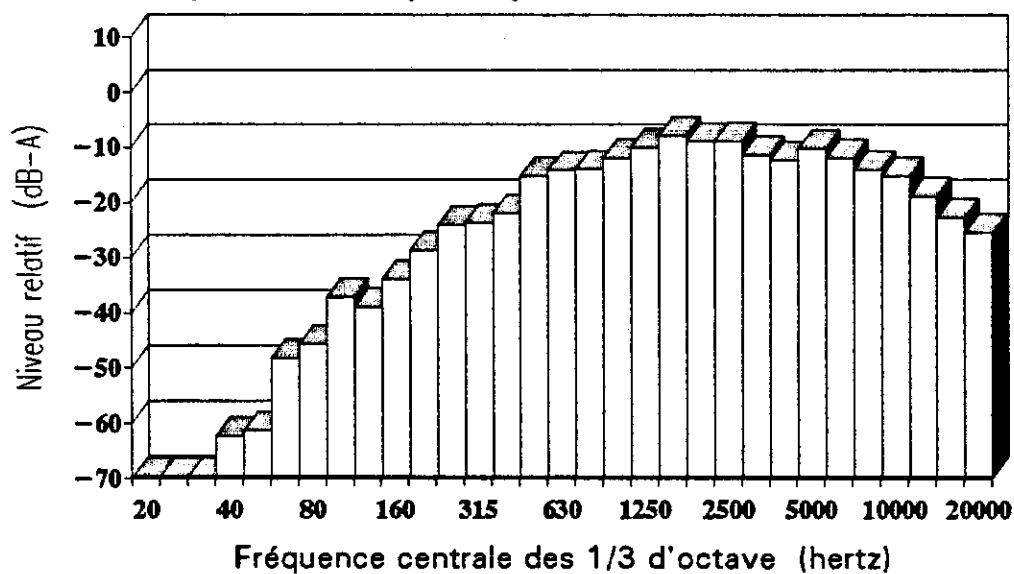
Description: Fabrication de cabines métalliques de camion

Pression acoustique en fonction du temps



Durée complète d'un cycle: 0,044 s Nombre d'impulsion par seconde: 15
 Facteur de crête moyen: 22.4 dB Facteur de forme: 1,556 Ca: 8,574

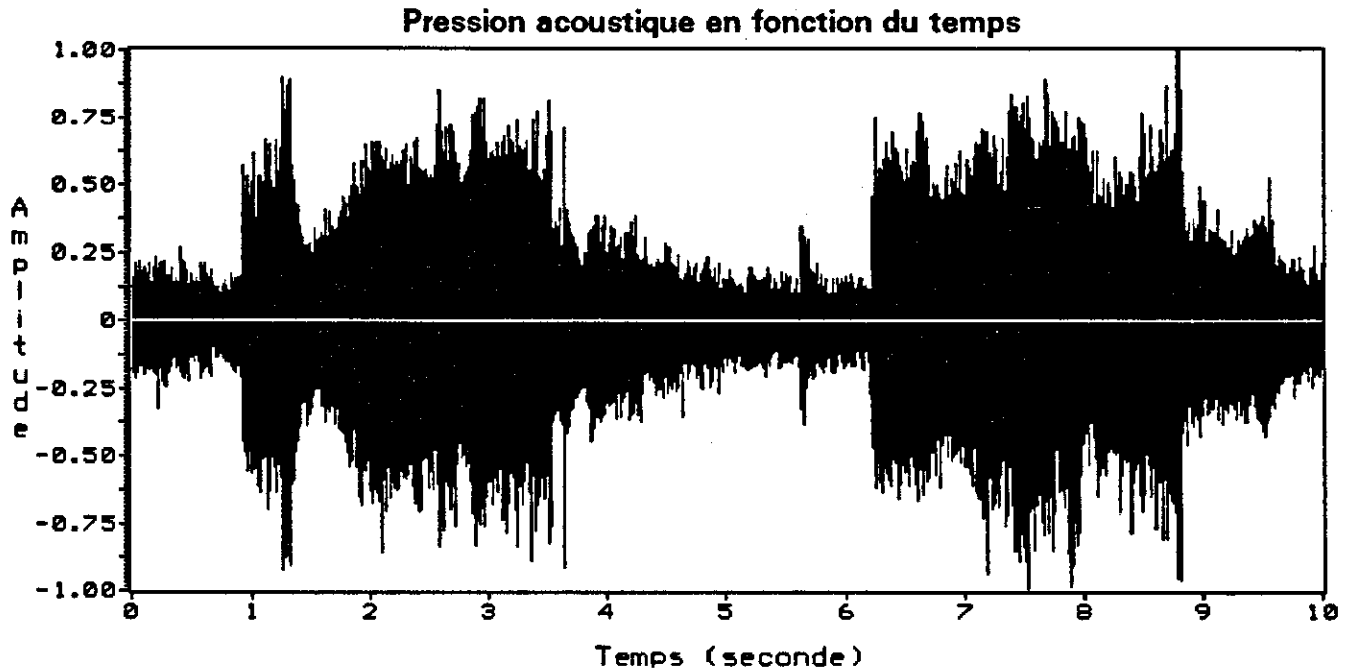
Spectre acoustique moyen en bandes de 1/3 d'octave



Bande de fréquence dominante: 1600 hertz
 LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,3 dB(A)
 LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,9 dB(A)
 LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -2,4 dB(A)

Source de bruit: Fabrication de bouteilles en plastique (1)

Description: Machine comportant plusieurs mécanismes pneumatiques et mécaniques pour la fabrication de contenants en plastique



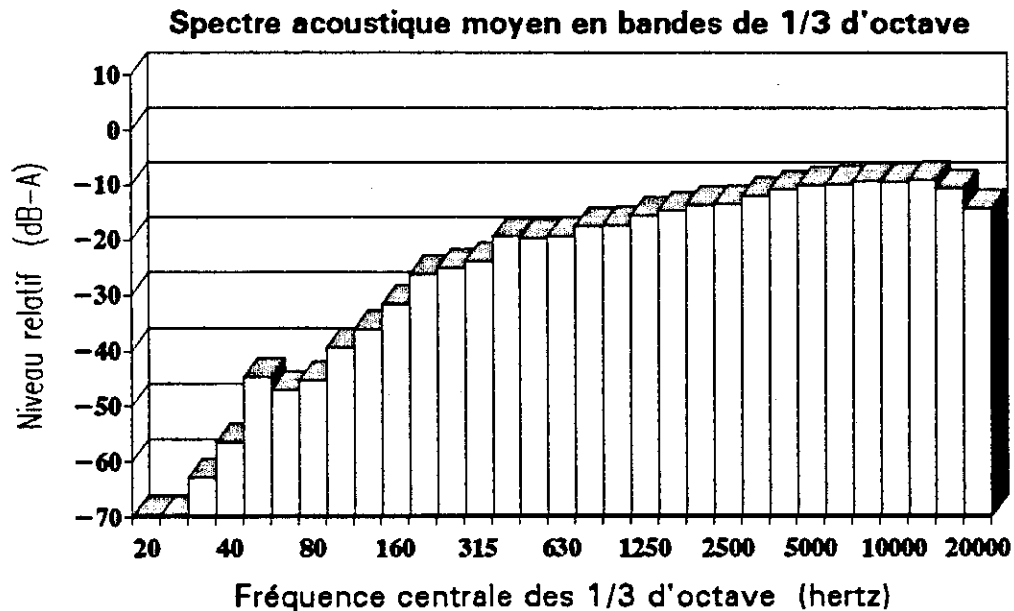
Durée complète d'un cycle: 5,3 s

Nombre d'impulsion par seconde: 1

Facteur de crête moyen: 22,5 dB

Facteur de forme: 1,398

Ca: 5,307



Bande de fréquence dominante: 12500 hertz

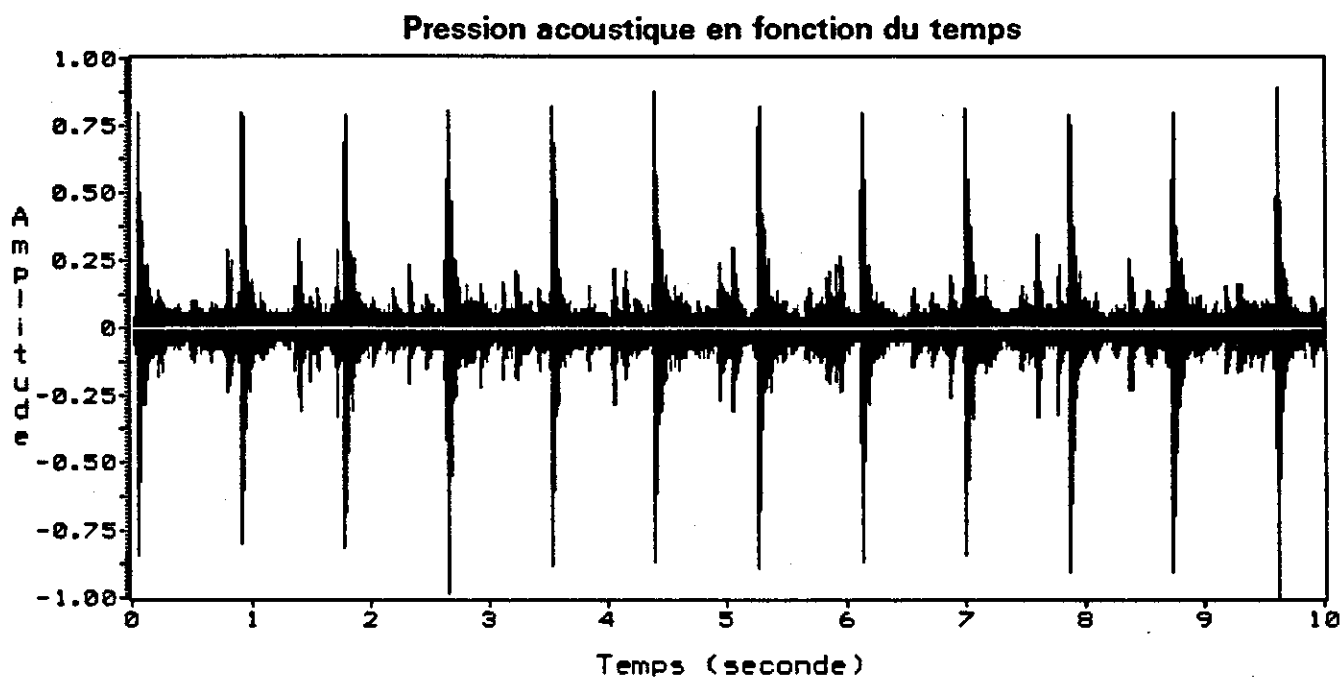
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 1,8 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,3 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,6 dB(A)

Source de bruit: Petite presse - grosse matrice

Description: Petite presse utilisée pour le perçage de cadres métalliques



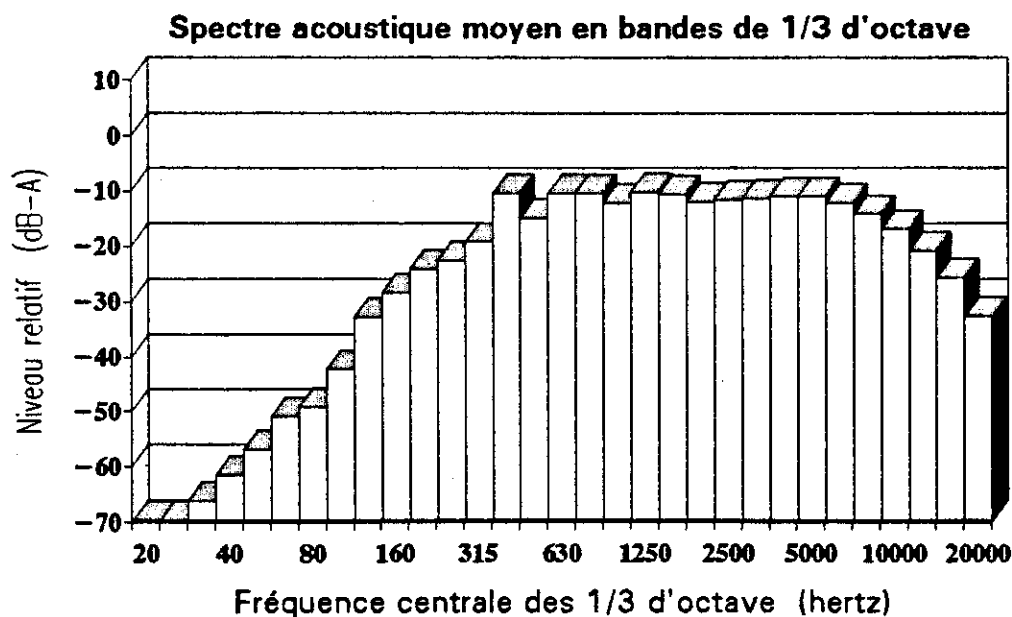
Durée complète d'un cycle: 0,87 s

Nombre d'impulsion par seconde: 1,8

Facteur de crête moyen: 24,6 dB

Facteur de forme: 1,744

Ca: 26,945



Bande de fréquence dominante: 1250 hertz

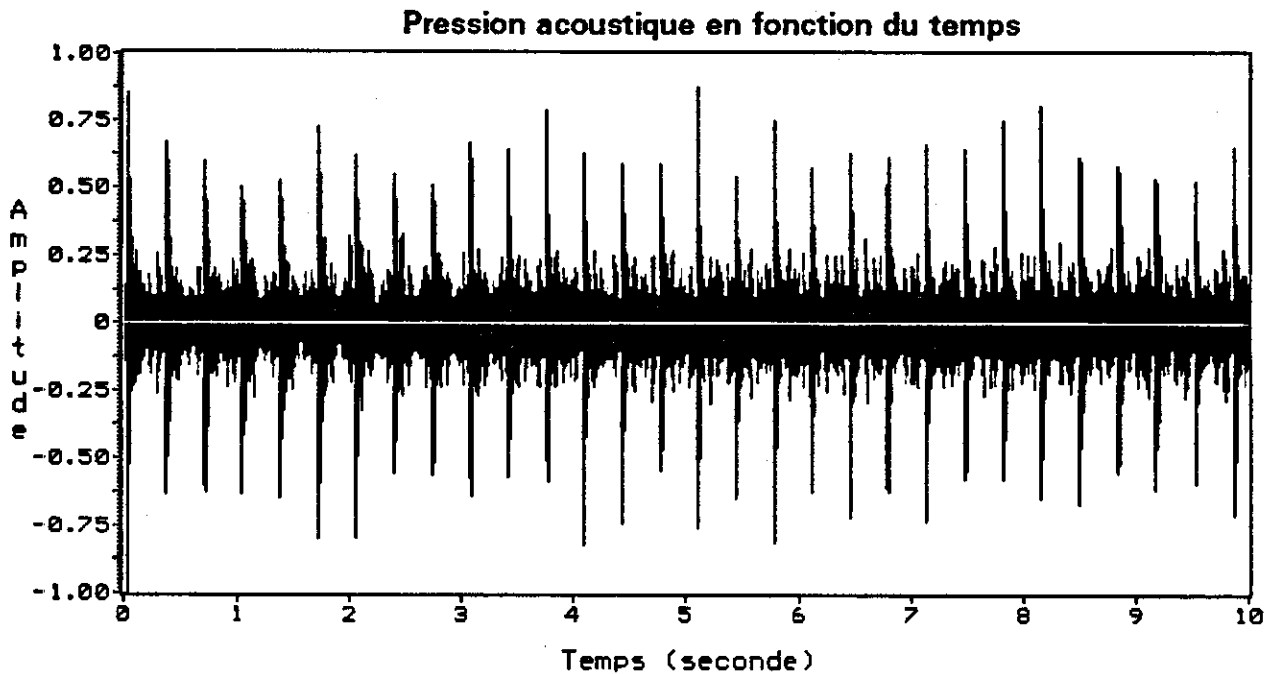
L_{Aeq,T} (classe 0) - L_{Aeq,T} (classe 2): 0,1 dB(A)

L_{Aeq,T} (OSHA, Slow) - L_{Aeq,T}: -0,2 dB(A)

L_{Aeq,T} (OSHA, Fast) - L_{Aeq,T}: -0,5 dB(A)

Source de bruit: Petite presse (clef)

Description: Petite presse utilisée pour la fabrication de clef avec alimentation mécanique



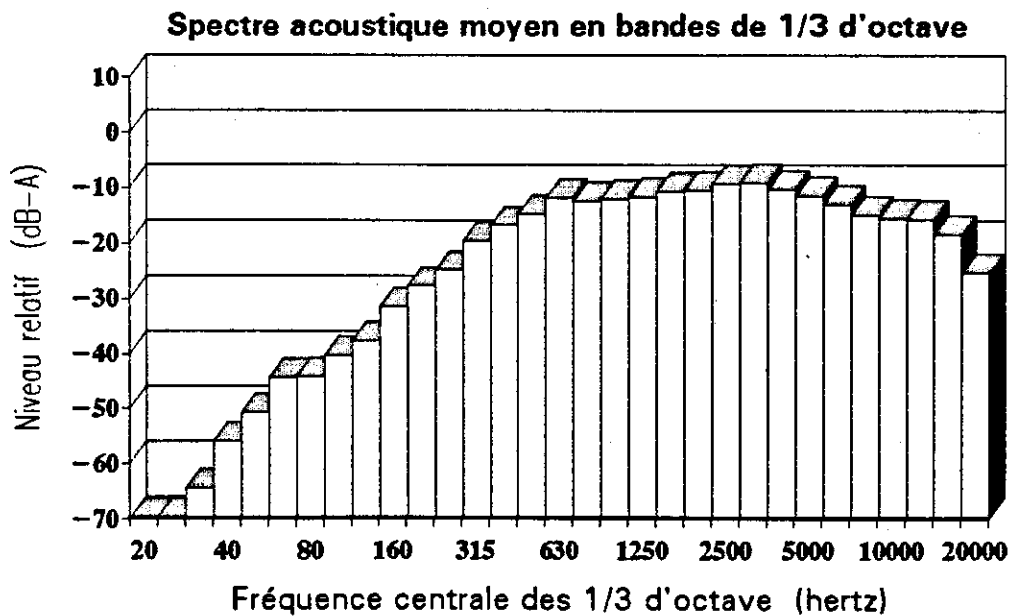
Durée complète d'un cycle: 0,34 s

Nombre d'impulsion par seconde: 3,2

Facteur de crête moyen: 24,7 dB

Facteur de forme: 1,431

Ca: 9,582



Bande de fréquence dominante: 3150 hertz

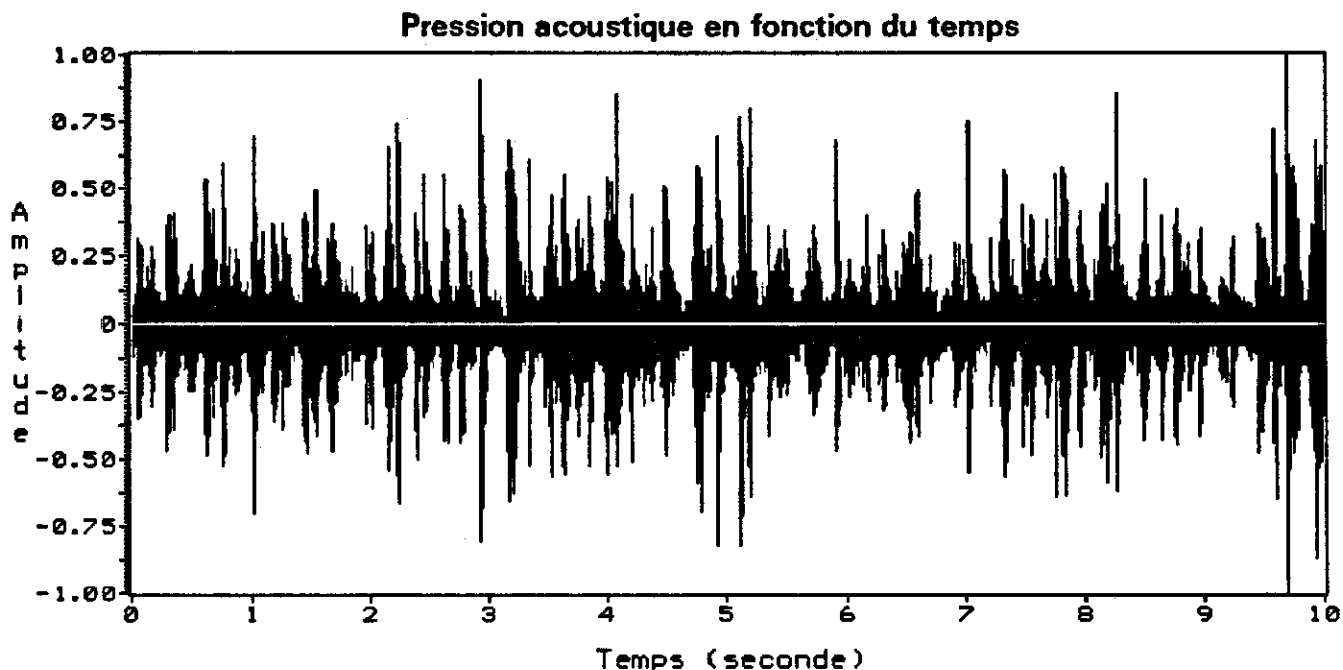
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,4 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,2 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,4 dB(A)

Source de bruit: Convoyeur de bouteilles en verre

Description: Entrechoquement de petites bouteilles en verre sur une chaine de convoyeur

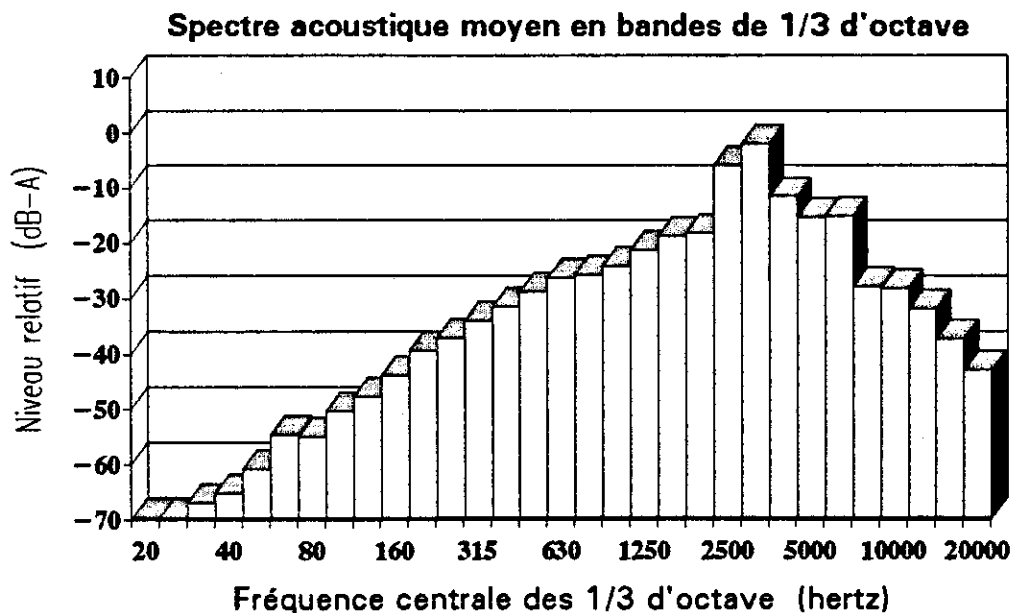


Durée complète d'un cycle: 0,02 s

Nombre d'impulsion par seconde: 6,2

Facteur de crête moyen: 24,8 dB

Facteur de forme: 1,457 Ca: 8,03



Bande de fréquence dominante: 3150 hertz

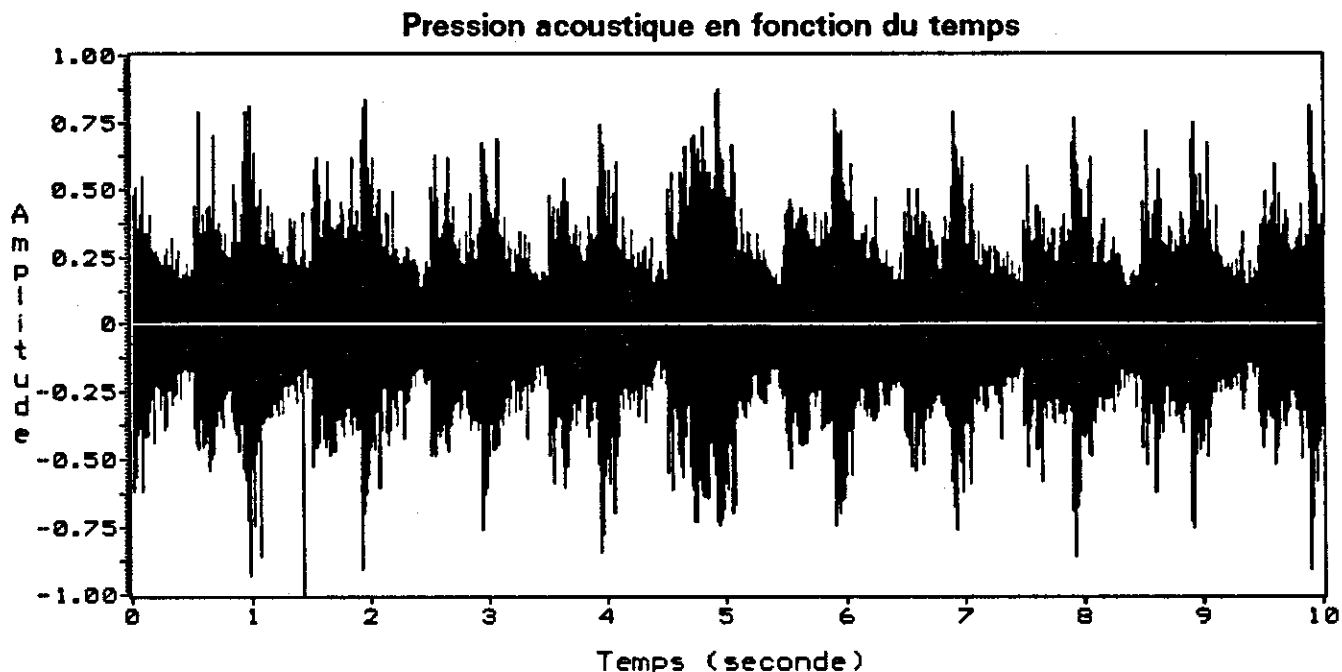
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,0 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,5 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,7 dB(A)

Source de bruit: Toumeuse-coupeuse

Description: Machine servant à la fabrication de carcasses de lit métallique

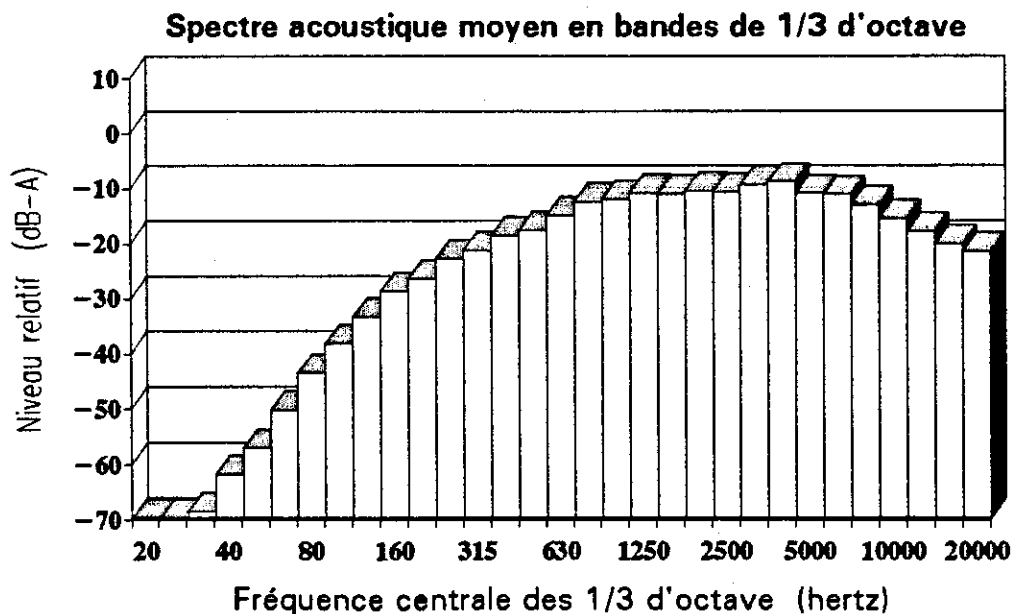


Durée complète d'un cycle: 1,0 s

Nombre d'impulsion par seconde: 10

Facteur de crête moyen: 24,9 dB

Facteur de forme: 1,330 Ca: 4.861



Bande de fréquence dominante: 4000 hertz

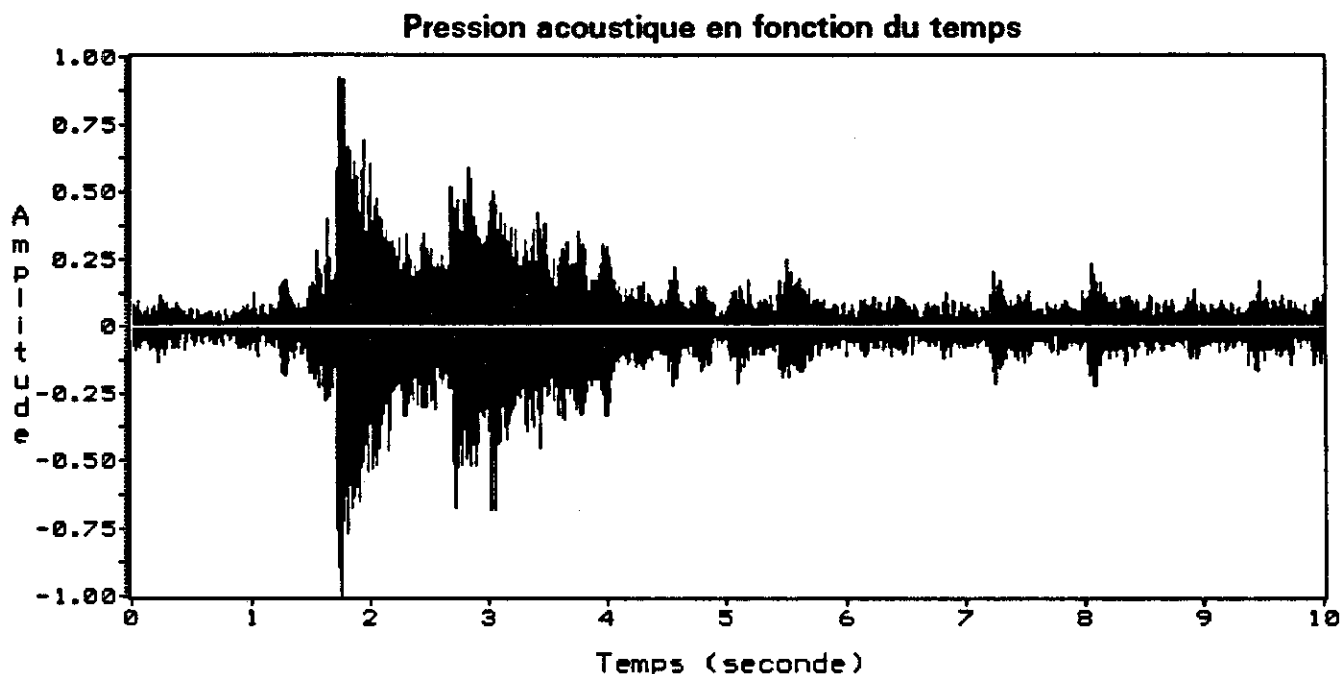
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,3 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -0,5 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -0,6 dB(A)

Source de bruit: Machine à forger

Description: Machine servant à forger de grosses tiges de métal

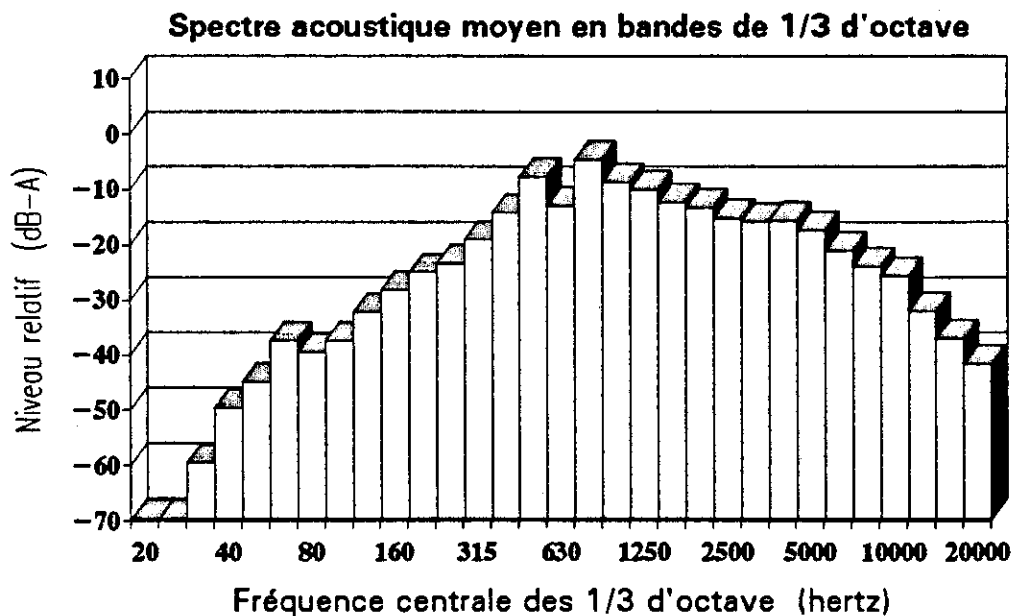


Durée complète d'un cycle: 15 s

Nombre d'impulsion par seconde: 2

Facteur de crête moyen: 34,0 dB

Facteur de forme: 1,617 Ca: 13,897



Bande de fréquence dominante: 800 hertz

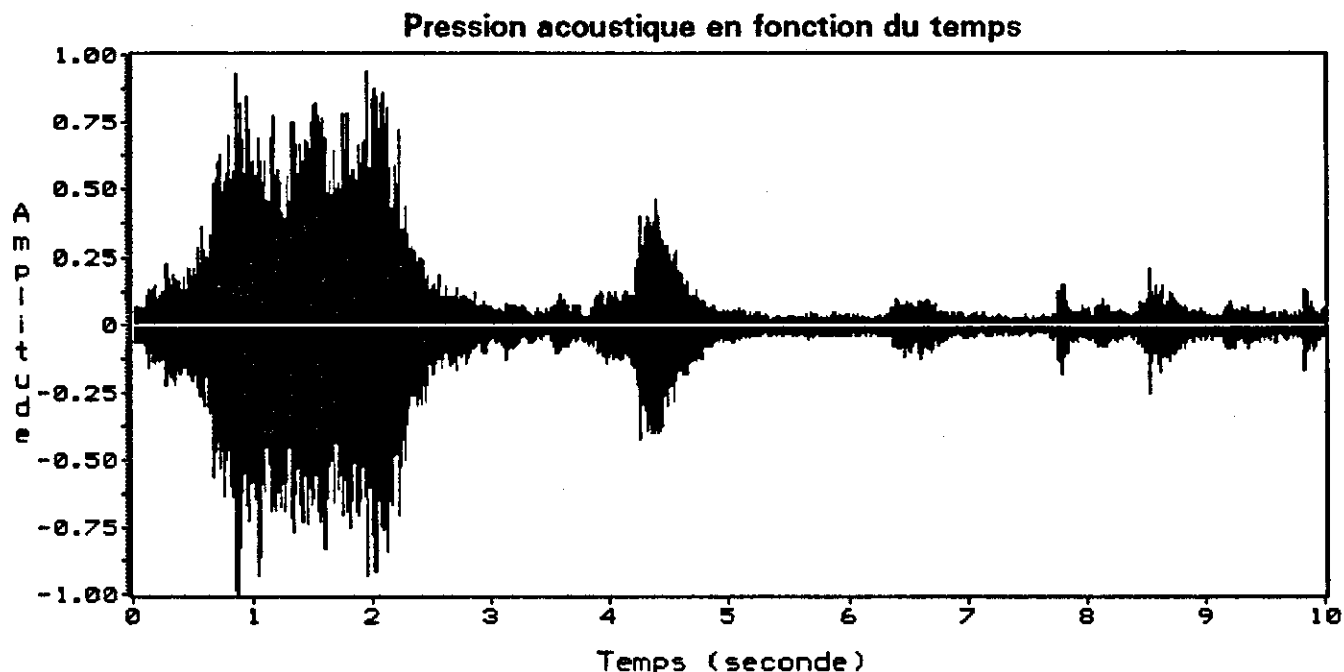
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,0 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -1,2 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -1,5 dB(A)

Source de bruit: Chocs de tiges métalliques

Description: Un lot d'une vingtaine de tiges métalliques d'environ 2 cm de diamètre par 10 m chutent simultanément d'une hauteur d'un mètre sur une plate-forme métallique

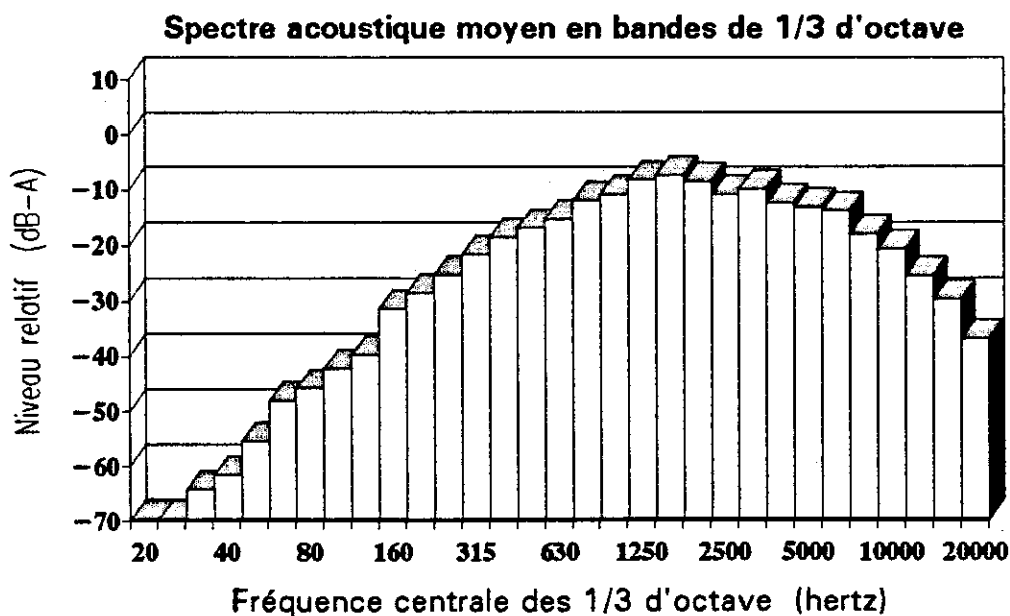


Durée complète d'un cycle: 5 min

Nombre d'impulsion par seconde: non déterminé

Facteur de crête moyen: 28,1dB

Facteur de forme: 1,936 Ca: 14,995



Bande de fréquence dominante: 1600 hertz

L_{Aeq,T} (classe 0) - L_{Aeq,T} (classe 2): 0,1 dB(A)

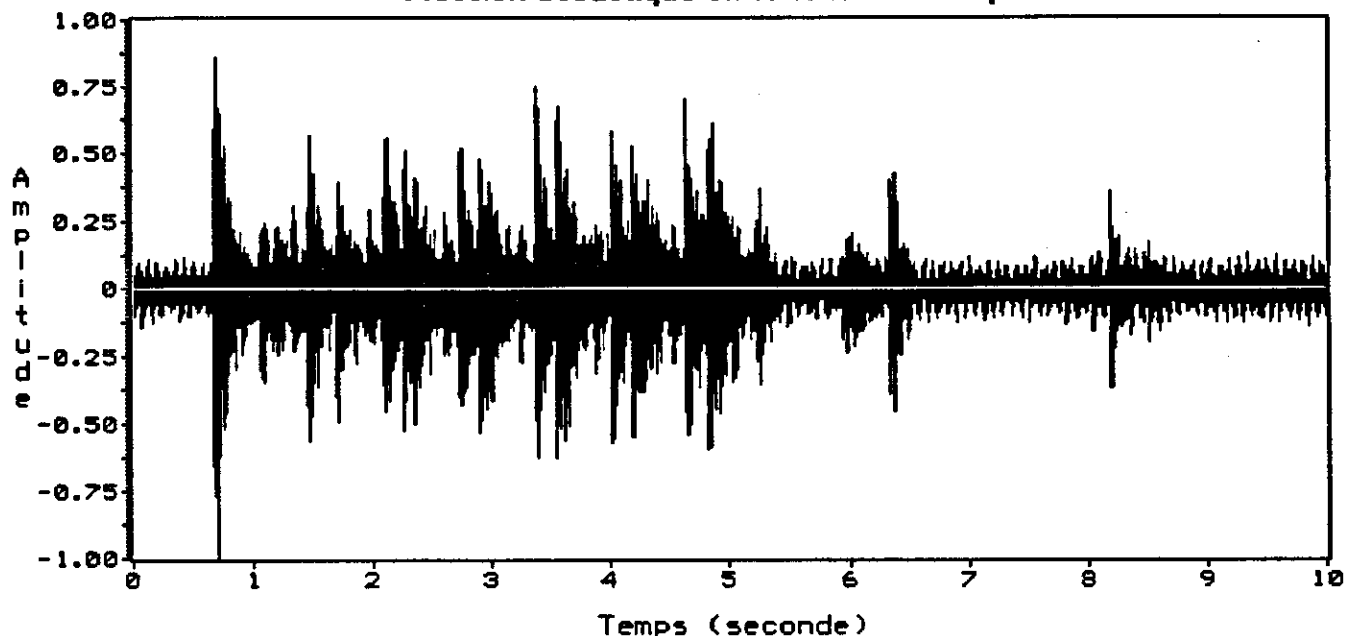
L_{Aeq,T} (OSHA, Slow) - L_{Aeq,T}: -3,9 dB(A)

L_{Aeq,T} (OSHA, Fast) - L_{Aeq,T}: -4,9 dB(A)

Source de bruit: **Boulonneuse**

Description: Machine à forger des boulons et des vis de gros diamètre

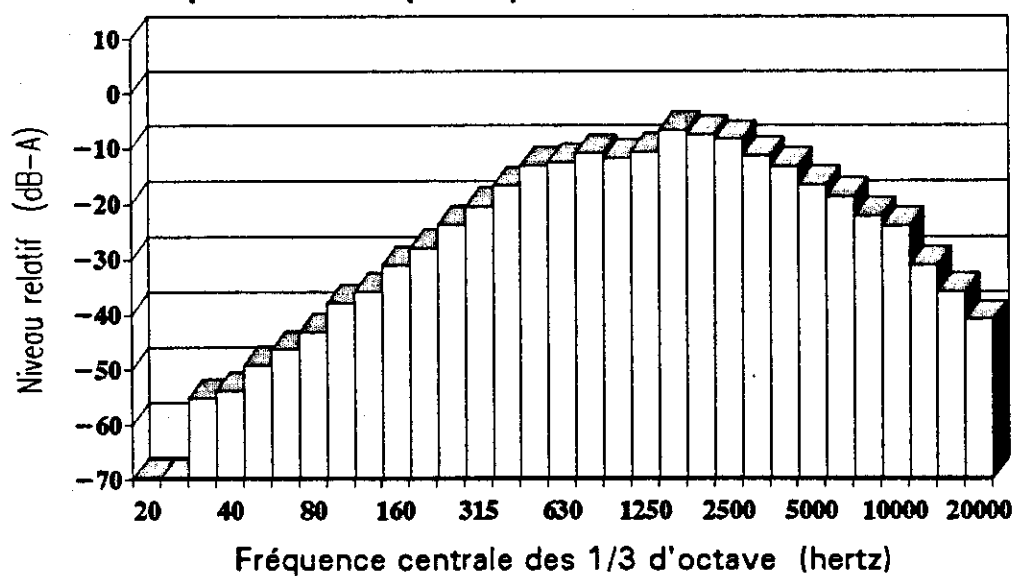
Pression acoustique en fonction du temps



Durée complète d'un cycle: 15 s
Facteur de crête moyen: 28,9 dB

Nombre d'impulsion par seconde: 2,2
Facteur de forme: 1,472 Ca: 9,188

Spectre acoustique moyen en bandes de 1/3 d'octave



Bande de fréquence dominante: 1600 hertz

LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,0 dB(A)

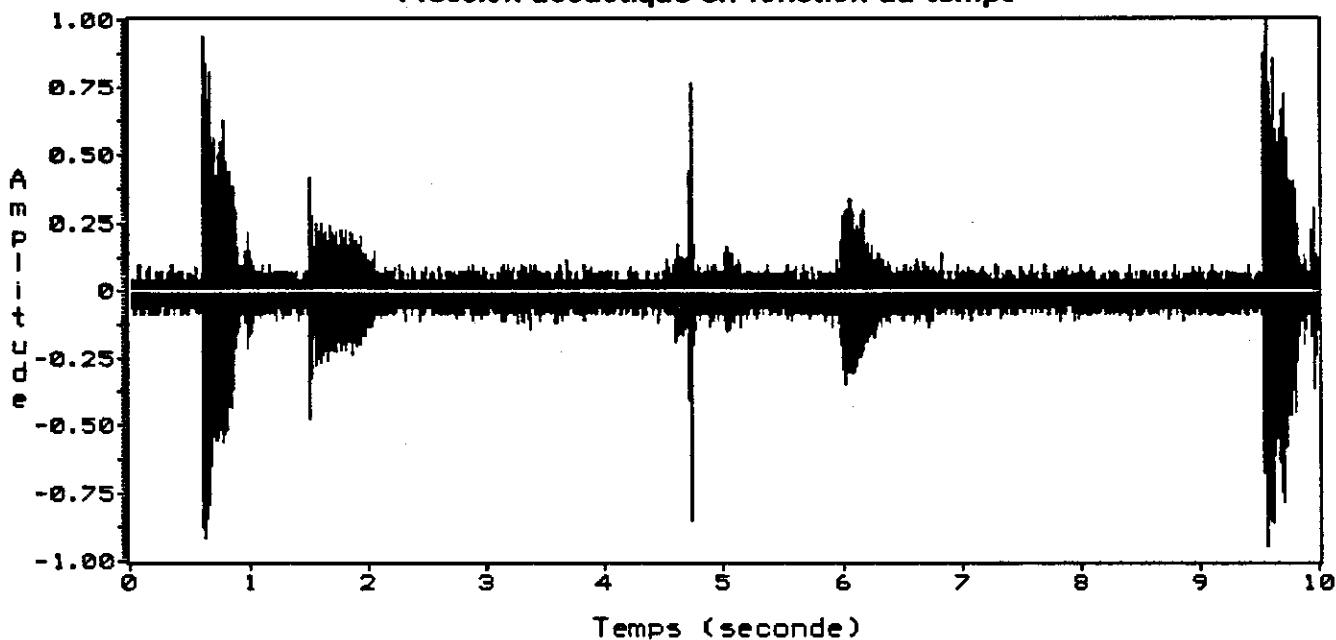
LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -1,3 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -1,8 dB(A)

Source de bruit: Fabrication de bouteilles en plastique (2)

Description: Machine comportant plusieurs mécanismes pneumatiques et mécaniques pour la fabrication de contenants en plastique

Pression acoustique en fonction du temps



Durée complète d'un cycle: 8,9 s

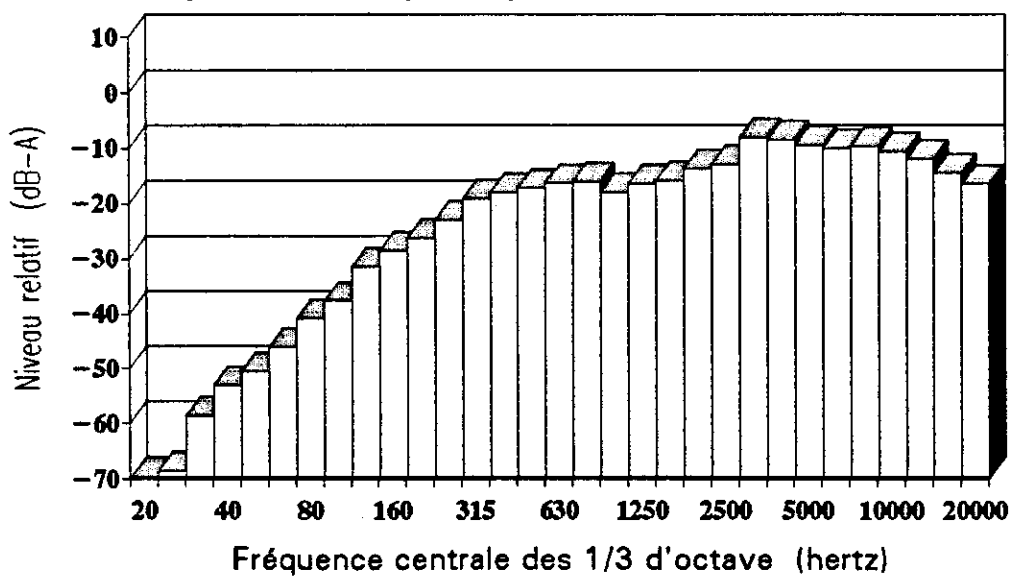
Nombre d'impulsion par seconde: 0,6

Facteur de crête moyen: 29,0 dB

Facteur de forme: 1,546

Ca: 23,759

Spectre acoustique moyen en bandes de 1/3 d'octave



Bande de fréquence dominante: 3150 hertz

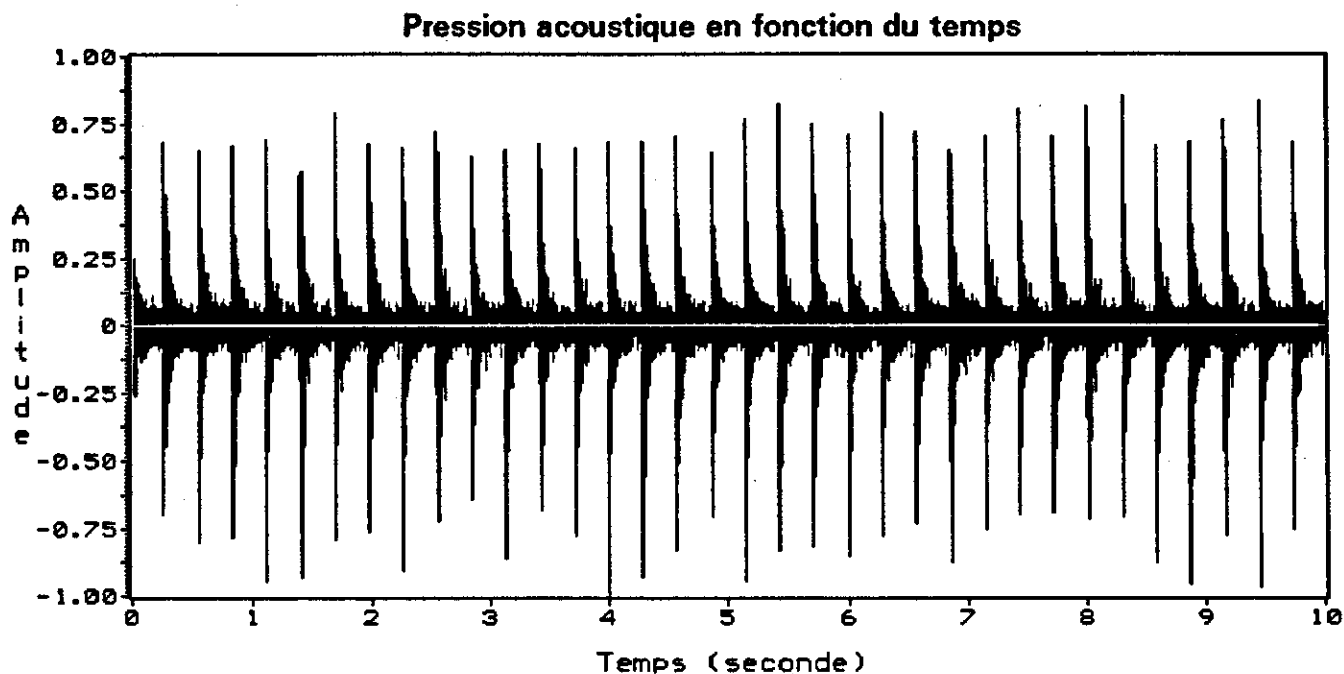
L_{Aeq,T} (classe 0) - L_{Aeq,T} (classe 2): 1,0 dB(A)

L_{Aeq,T} (OSHA, Slow) - L_{Aeq,T}: -0,8 dB(A)

L_{Aeq,T} (OSHA, Fast) - L_{Aeq,T}: -2,4 dB(A)

Source de bruit: Marteau à forger pneumatique

Description: Piston martelant une enclume pour l'ouvrage de tiges de fer

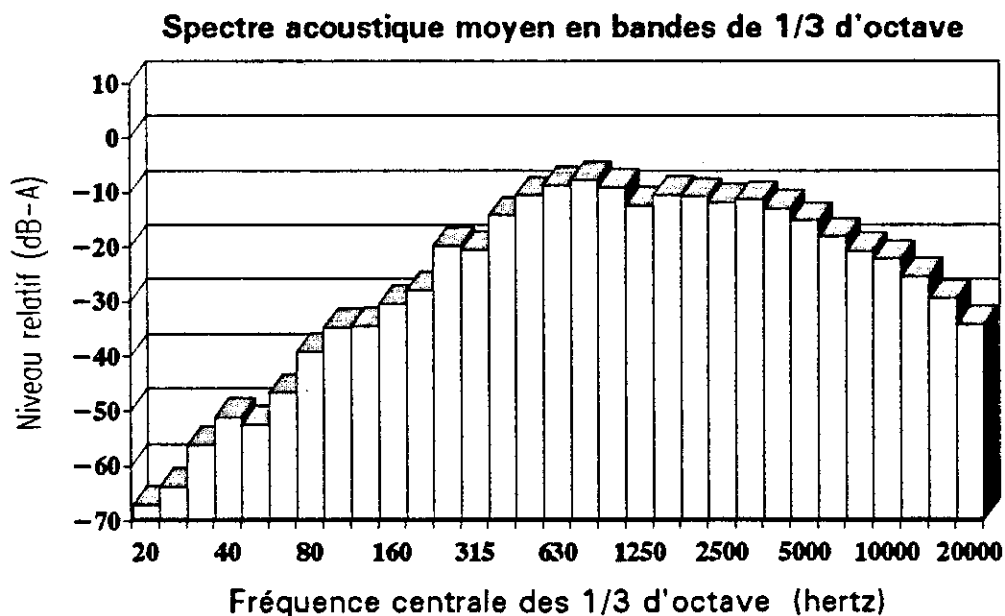


Durée complète d'un cycle: 0,28 s

Nombre d'impulsion par seconde: 3,4

Facteur de crête moyen: 34,0 dB

Facteur de forme: 1,471 Ca: 9,012



Bande de fréquence dominante: 800 hertz

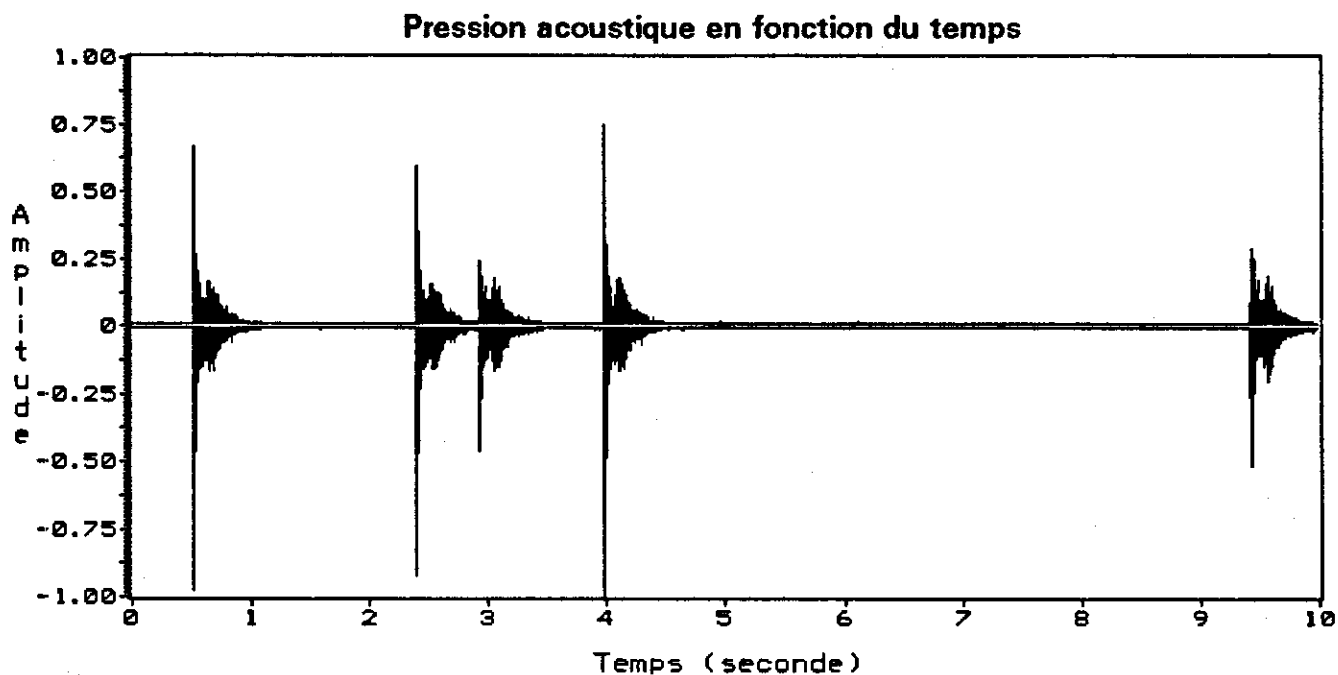
LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,0 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -1,2 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -1,5 dB(A)

Source de bruit: Bruit d'arme à feu

Description: Pratique de tir au revolver en salle (2 tireurs, calibre 38)



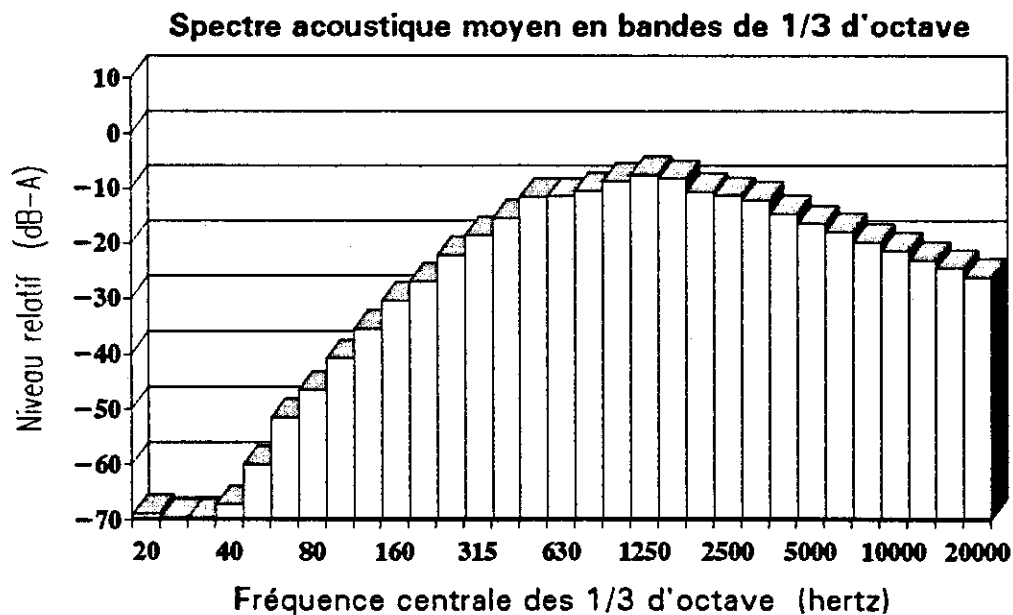
Durée complète d'un cycle: 0,4 s

Nombre d'impulsion par seconde: variable

Facteur de crête moyen: 39,1 dB

Facteur de forme: 2,110

Ca: 89,293



Bande de fréquence dominante: 1250 hertz

LAeq,T (classe 0) - LAeq,T (classe 2): 0,1 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Slow) - LAeq,T: -1,9 dB(A)

LAeq,T (OSHA, Fast) - LAeq,T: -5,0 dB(A)

Annexe B: Exemple d'utilisation de l'article 46 a-) du Règlement pour le calcul de l'exposition quotidienne au bruit d'un travailleur.

L'échantillonnage du bruit, effectué conformément à la norme nationale CAN/CSA Z107,56-M86, a permis de déterminer qu'un travailleur était exposé quotidiennement, dans le cadre de sa journée normale de travail de 10 heures, aux niveaux efficaces moyens ($L_{Aeq,Ti}$) de bruit suivants:

Travaux d'entretien mécanique:	$L_{Aeq,2h}$	=	94 dB(A)
Conduite d'un chariot élévateur:	$L_{Aeq,4h}$	=	89 dB(A)
Opération d'une déchiqueteuse de carton:	$L_{Aeq,0,5h}$	=	106 dB(A)
Travaux de nettoyage:	$L_{Aeq,2h}$	=	82 dB(A)
Rencontre de production, pause, repas:	$L_{Aeq,1,5h}$	=	< 80 dB(A)

Note importante: Dans le cas où les mesures du bruit à chacun des postes de travail auraient été effectuées à l'aide d'un dosimètre de bruit (niveau de seuil = aucun, facteur de bissection = 3) n'affichant le résultat des mesures qu'en pourcentage (%), il serait "incorrect" de faire directement l'addition des pourcentages d'expositions partielles pour déterminer l'exposition quotidienne totale car ceci ne permettrait pas de faire intervenir le critère réglementaire de 5 dB.

Avant de procéder au calcul de l'exposition quotidienne, tel qu'indiqué plus loin, chacune des doses partielles, exprimée en %, devra d'abord être convertie en niveau efficace moyen ($L_{Aeq,Ti}$) exprimé en dB(A) en utilisant la formule suivante:

$$L_{Aeq,Ti} = 90 + 10 \log \left[\frac{8}{T_i} \frac{\text{Dose partielle (\%)}}{100} \right]$$

L'exposition quotidienne, résultant de l'effet combiné de ces expositions à des bruits de niveaux moyens différents, est facilement calculée en suivant les indications de l'article 46 a-) du Règlement sur la qualité du milieu de travail.

Cet article spécifie que l'exposition quotidienne, basée sur une limite d'exposition quotidienne permise de 90 dB(A)_{8h}, est évaluée en faisant simplement la somme des fractions suivantes:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_m}{T_m} \quad (1)$$

où

C: indique le temps total en heures d'exposition à un niveau moyen donné et

T: indique le temps total en heures d'exposition permis à ce niveau selon la table de l'article 45;

En utilisant les indications contenues dans cette table, nous pouvons alors résumer l'exposition quotidienne du travailleur ainsi:

Niveau moyen de bruit dB(A)	Temps d'exposition quotidien (h/jour)	Temps d'exposition permis (h/jour)
94	2	4,6
89	4	9,2
106	0,5	0,9

Nous noterons ici que les autres niveaux moyens, évalués à moins de 85 dB(A), n'ont pas à être inscrits dans notre tableau résumé de l'exposition quotidienne. En effet, d'après la législation actuelle, ces niveaux n'interviendront pas dans le calcul de l'exposition quotidienne du travailleur.

L'exposition quotidienne est alors facilement déterminée en substituant dans l'équation 1 les valeurs inscrites dans notre tableau, ce qui donne:

$$\frac{2}{4,6} + \frac{4}{9,2} + \frac{0,5}{0,9} = 1,43$$

Comme la somme des fractions dépasse l'unité, le travailleur est donc surexposé. De fait sa dose d'exposition quotidienne est ici de 143 %.

De la dose quotidienne d'exposition, exprimée en %, il est possible de calculer le niveau quotidien d'exposition, en dB(A), en utilisant la formule suivante:

$$L_{Aeq,8h}(OSHA) = 90 + 16,61 \log \left[\frac{\text{Dose quotidienne (\%)}}{100} \right] \quad (2)$$

En substituant dans l'équation 2 la dose quotidienne d'exposition en % déterminée préalablement, nous trouvons:

$$L_{Aeq,8h}(OSHA) = 92,6 \text{ dB(A)}$$

Nous aurions aussi pu procéder d'une autre manière pour calculer l'exposition quotidienne du travailleur soit: en calculant tout d'abord le $L_{Aeq,8h}$ (OSHA) et en déduisant ensuite la dose quotidienne d'exposition en % correspondant.

Nous noterons encore que pour ces calculs tous les niveaux moyens inférieurs à 85 dB(A) devront être écartés.

Déterminons donc en premier lieu le $L_{Aeq,T}$ (OSHA) correspondant à tous les niveaux moyens supérieurs à 85 dB(A) en utilisant la formule suivante:

$$L_{Aeq,T}(OSHA) = 16,61 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \left(10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{16,61}} \times T_i \right) \right] \quad (3)$$

où

T = temps total d'exposition à des niveaux moyens supérieurs à 85 dB(A), exprimé en heure

En substituant les données de notre exemple dans la formule 3 nous obtenons:

$$L_{Aeq,6.5h}(OSHA) = 16,61 \log \left[\frac{1}{6,5} \left(10^{\frac{94}{16,61}} \times 2 \right) + \left(10^{\frac{89}{16,61}} \times 4 \right) + \left(10^{\frac{106}{16,61}} \times 0,5 \right) \right]$$

Ce qui nous donne après calcul:

$$L_{Aeq,6.5h} (OSHA) = 94,2 \text{ dB(A)}$$

Le niveau quotidien d'exposition en dB(A), ramené sur 8 heures, s'obtient alors par la formule suivante:

$$L_{Aeq,8h} (OSHA) = L_{Aeq,T} (OSHA) + 16,61 \log \left[\frac{T}{8} \right] \quad (4)$$

En substituant les données de notre exemple dans la formule 4 nous obtenons:

$$L_{Aeq,8h} (OSHA) = 94,2 + 16,61 \log \left[\frac{6,5}{8} \right]$$

Ce qui nous donne après calcul:

$$L_{Aeq,8h} (OSHA) = 92,6 \text{ dB(A)}$$

La dose d'exposition quotidienne en % peut alors être calculée par la formule suivante:

$$D (\%) = 100 \times 10^{\frac{L_{Aeq,8h} (OSHA) - 90}{16,61}} \quad (5)$$

En substituant les données de notre exemple dans la formule 5 nous obtenons:

$$D (\%) = 100 \times 10^{\frac{92,6 - 90}{16,61}}$$

Ce qui nous donne après calcul:

$$D (\%) = 143$$

BIBLIOGRAPHIE

1. **"Critères et méthodes d'étalonnage pour les instruments de mesure et les capteurs de bruit"**. Scory, H. Présentation au 11e congrès d'acoustique internationale tenu à Québec. IRSST (1984)
2. **"Comportement des dosimètres en présence de bruits impulsifs"**. Scory, H. Présentation au congrès d'hygiène industrielle de l'AHIQ tenu à Hull. IRSST (1985)
3. **"The performance of noise dosimeters when measuring impulse noise"**. Scory, H. Présentation au congrès d'hygiène industrielle de l'AIHA tenu à Las Vegas. IRSST (1985)
4. **"L'influence du facteur de bissection et du seuil d'intégration dans l'évaluation de l'exposition au bruit des opérateurs d'équipements lourds"**. Ménard, L., Scory, H. Présentation au congrès d'hygiène industrielle de l'AHIQ tenu à Hull. IRSST (1985)
5. **"Noise Measurement Strategy in Snow Removal Operation"**. Ménard, L., Scory, H. Présentation au congrès d'hygiène industrielle de l'AIHA tenu à Dallas. IRSST (1986)
6. **"Étude de l'exposition au bruit des travailleurs préposés au déneigement"**. Ménard, L., Scory, H. Rapport d'expertise effectué à la demande de la ville de Montréal. IRSST (1986)
7. **"Méthode d'étalonnage des instruments de mesure du bruit"**. Scory, H., Boutin, J. IRSST (Février 1987)
8. **"Rapport d'appréciation des performances des instruments de mesure du bruit utilisés dans le réseau de la CSST"**. Scory, H. Recherche effectuée à la demande des services de Programmation et de Normalisation de la CSST. IRSST (1986). Légèrement révisé et publié comme Méthode de laboratoire-Étude technique en 1987.
9. **"Une norme pour le dosimètre de l'OSHA"**. Scory, H., Ménard, L., Boutin, J. Présentation au congrès d'hygiène industrielle de l'AIHA tenu à Montréal. IRSST (Mai 1987)
10. **"A sound Measure"**. Ménard, L., Scory, H. Article paru dans la revue "Occupational Health & Safety CANADA", vol.3, no 1, 1987

11. **"Exposition au bruit des travailleurs préposés au déneigement mesurée selon OSHA et ISO".** Ménard, L. Annexe au rapport de recherche. IRSST (Février 1989)
12. Norme de la Commission Électrotechnique Internationale **CEI 651-1979** intitulée **"Sonomètres"**. Bureau Central de la Commission Électrotechnique Internationale, 3, rue de Varembe, Genève, Suisse
13. Norme de la Commission Électrotechnique Internationale **CEI 804-1985** intitulée **"Sonomètres intégrateurs-moyenneurs"**. Bureau Central de la Commission Électrotechnique Internationale, 3, rue de Varembe, Genève, Suisse
14. Norme nationale du Canada **CAN/CSA-Z107.56-M86** intitulée **"Méthode de mesure de l'exposition au bruit en milieu de travail"** préparée par l'Association Canadienne de Normalisation, 178 boulevard Rexdale, Rexdale (Toronto), Ontario, Canada M9W 1R3. Édition française publiée en septembre 1987.
15. Norme internationale ISO 1999-1990 **"Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit"**. Norme publiée par l'Organisation Internationale de normalisation ISO, Case postale 56, CH-1211 Genève 20, Suisse
16. **"Règlement sur la qualité du milieu de travail"**, S-2.1 r.15, Éditeur officiel du Québec