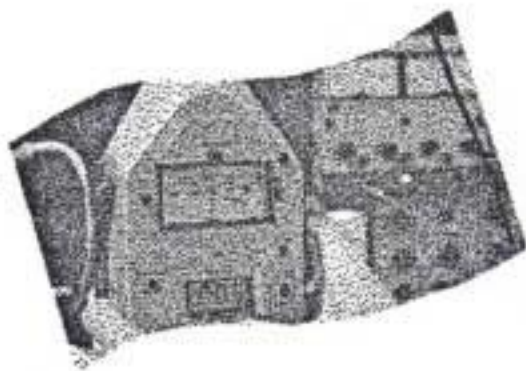


**Rapport d'appréciation
des performances
des instruments de mesure
du bruit utilisés dans le réseau
de la CSST**



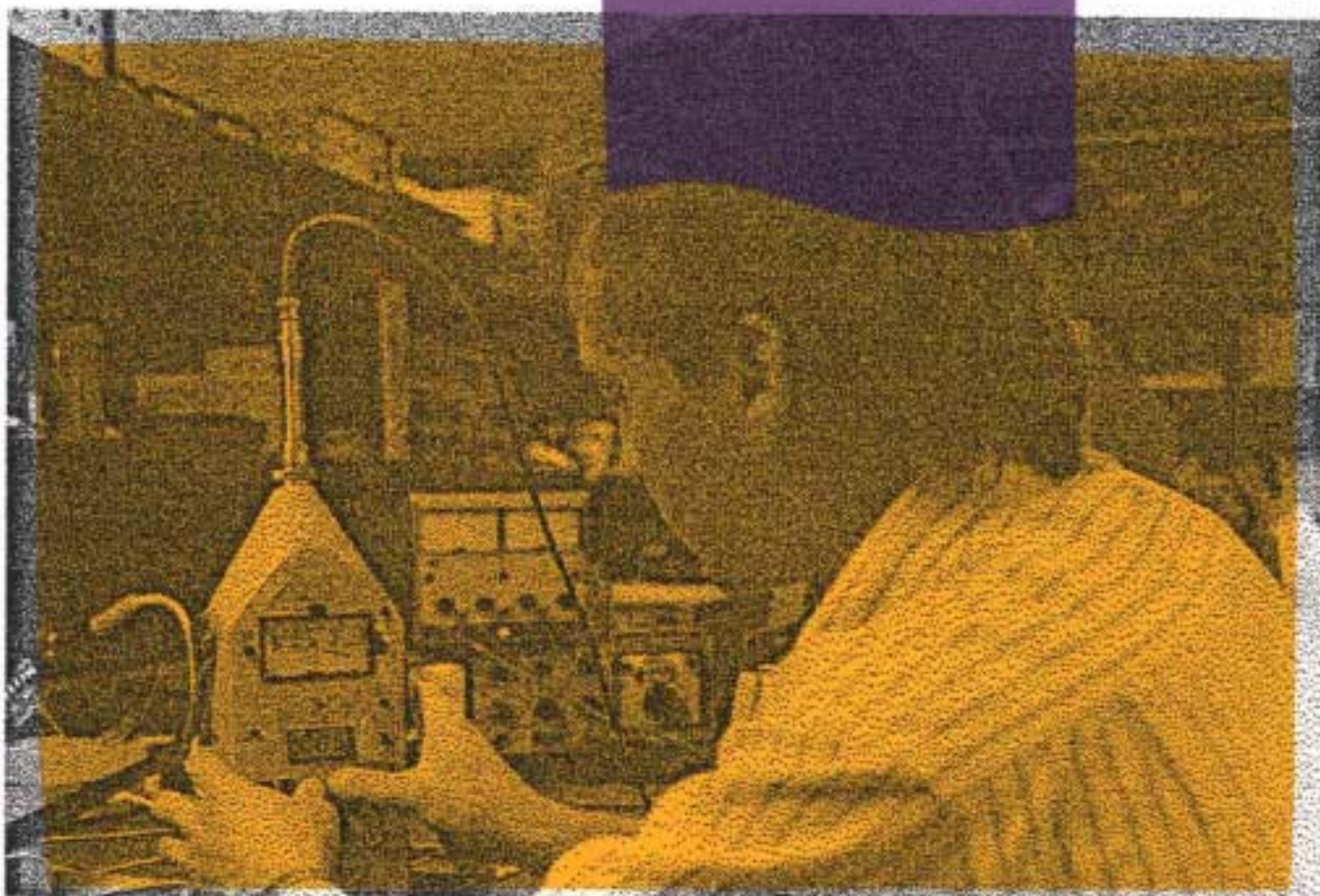
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Henri Scory
Jérôme Boutin

Juin 1987

T-07

GUIDE TECHNIQUE



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

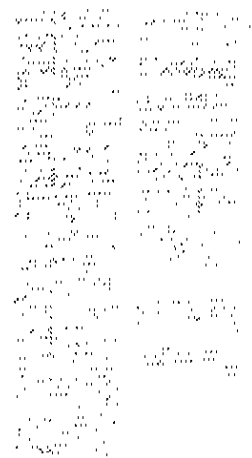
Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques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

Rapport d'appréciation des performances des instruments de mesure du bruit utilisés dans le réseau de la CSST

Henri Scorq et Jérôme Boutin
Programme soutien analytique, IRSST



GUIDE TECHNIQUE

TABLE DES MATIERES

	PAGE
Sommaire.....	1
1.- Introduction.....	2
2.- Spécifications des normes d'évaluation I.S.O. 1999 et O.S.H.A.(HCA 1981).....	4
2.1 Principes de mesure des niveaux équivalents continus d'exposition (Leq) stipulés par les normes de l'I.S.O. et de l'O.S.H.A.....	4
2.2 Conception technique privilégiée des instruments.....	7
3.- Normalisation des caractéristiques des instruments de mesure du bruit.....	10
3.1 Norme instrumentale de la C.E.I. pour l'évaluation selon I.S.O. 1999.....	10
3.2 Norme instrumentale de l'A.N.S.I. pour l'évaluation selon l'O.S.H.A.....	12
3.3 Méthodes et critères utilisés par les laboratoires de l'I.R.S.S.T.....	14
4.- Problématique de la mesure selon la norme O.S.H.A.....	19
4.1 Comportement théorique du dosimètre normalisé selon le principe de l'O.S.H.A.....	19
4.2 Comportement théorique d'un dosimètre fonctionnant selon le principe de l'O.S.H.A. mais ne possédant pas la constante de temps normalisée "SLOW".....	22
5.- Evaluation des instruments conformément à la norme C.E.I. 804 et à notre adaptation pour le dosimètre de l'O.S.H.A....	24
5.1 Instruments faisant l'objet de l'évaluation.....	25
5.2 Résultats d'évaluation des instruments et bilan de la situation.....	26
5.3 Adaptabilité des dosimètres de bruit du réseau dans l'éventualité d'une modification du règlement actuel..	26

TABLE DES MATIERES

	PAGE
6.- Conclusion.....	27
Annexe A: Tableau des résultats des intégrations simulées d'impulsion isolée.....	28
Tableau des sous-estimations des Leq en fonction du facteur de crête de bruits permanents.....	30
Annexe B: Tableau des résultats utilisés pour la détermination de la précision du détecteur de valeur efficace des sonomètres intégrateurs ou des dosimètres portatifs...	31
Annexe C: Tableaux et graphiques des résultats d'évaluation.....	33
7.- Bibliographie.....	38

SOMMAIRE

Ce rapport a pour but d'éclaircir certains aspects méconnus de la méthode d'évaluation de l'exposition des travailleurs au bruit actuellement en vigueur au Québec, et dans un second temps, d'effectuer un bilan général de la qualité et des performances de tous les modèles d'instruments de mesure du bruit présentement utilisés dans le réseau de la CSST.

Une analyse exhaustive du comportement théorique de l'instrument normalisé (dosimètre OSHA), qui est utilisé actuellement pour la mesure de l'exposition au bruit, a permis de mettre en évidence un comportement anormal qui n'a jamais été mentionné ni explicité par l'organisme ayant normalisé le principe de mesure incorporé dans l'instrument réglementaire.

Ce comportement, qui ne dépend pas de performances techniques médiocres, est intrinsèque à l'instrument de mesure normalisé et remet sérieusement en question la validité et l'applicabilité de la réglementation actuelle. Il a pour effet de sous-estimer indument les véritables risques à la santé que peuvent subir les travailleurs lorsqu'ils sont exposés à la très grande majorité des bruits industriels.

Le développement d'une méthode inédite pour l'évaluation des instruments de mesure du bruit, tel que les sonomètres intégrateurs et les dosimètres de bruit, a permis de classifier les modèles selon leurs performances techniques véritables.

Il ressort de cette évaluation que plus de 60% des instruments ne possèdent pas les caractéristiques minimales de mesure qui assureraient une évaluation de l'exposition dans des limites de précision raisonnables et devraient donc être remplacés, tout au moins remisés.

Il est à noter que ces problèmes techniques ne touchent aucun des instruments acquis depuis 1982, en raison des travaux de l'IRSST qui ont permis de définir des spécifications d'achat basées sur des essais en laboratoire.

1.- INTRODUCTION

Plusieurs sonomètres intégrateurs et dosimètres de bruit portatifs sous-estiment le niveau équivalent continu d'exposition au bruit (L_{eq}) et la dose d'exposition lorsqu'ils sont utilisés pour la mesure des bruits à caractéristiques impulsionnelles(*).

Bien que ces types de bruit soient courants en milieu de travail, les normes instrumentales en vigueur ne comportent aucune spécification pour garantir alors une précision raisonnable des mesures.

Le présent rapport décrit la méthode d'essais qui a été développée par les laboratoires de l'IRSST pour évaluer la précision des instruments lors de la mesure du bruit à caractéristiques impulsionnelles et fait le bilan de l'évaluation de la précision de tous les modèles d'instruments de mesure du bruit utilisés dans le réseau de la CSST. Cela permettra de juger de l'importance qu'il faut accorder aux problèmes particuliers reliés à l'instrumentation.

Le document de travail relatif aux orientations en matière de révision de la norme d'exposition au bruit (1) mentionne toutefois avec justesse que le dosimètre de bruit qui est utilisé au Québec et qui est normalisé selon le principe d'évaluation stipulé par l'O.S.H.A. sous-estime fortement le véritable niveau équivalent continu d'exposition (L_{eq} (OSHA)).

A partir de la formulation mathématique exacte du principe de mesure du L_{eq} spécifié par l'O.S.H.A., nous démontrerons que la cause véritable de ce comportement ne dépend pas, comme certains passages du document précité le laisseraient croire, des performances techniques médiocres des instruments mais que cette sous-estimation est implicite dans le principe de mesure actuellement réglementé par l'O.S.H.A..

Cette sous-estimation se produit inévitablement lorsque le bruit est continu mais non stationnaire, fluctuant, intermittent ou de caractéristiques impulsionnelles et est dûe au rôle tenu, dans le principe de calcul du Leq (OSHA), par la constante de temps de moyenne exponentielle (Slow) normalisée à 1000 ms (milli seconde).

Afin de comprendre le rôle pénalisant joué par la constante de temps SLOW normalisée dans le principe de mesure du Leq (OSHA), on examinera les résultats théoriques de mesures simulées d'impulsions isolées, d'amplitudes et de durées variables, superposées à un bruit continu, ainsi que des mesures simulées de bruits permanents de facteurs de crête élevés. Cela permettra de "quantifier" certains aspects de la problématique inhérente au dosimètre portatif de l'O.S.H.A..

De nombreuses personnes semblent croire que le problème inhérent au dosimètre de l'O.S.H.A. serait réglé par l'utilisation d'une constante de temps plus courte, environ 35 ms, qui serait plus à même selon elles de suivre le niveau instantané de bruit.

On analysera donc aussi l'effet d'une réduction de la valeur de la constante de temps à une valeur de 35 ms pour démontrer que la mesure de l'exposition au bruit serait alors encore plus sous-estimée.

(*) On entend par bruits à caractéristiques impulsionnelles tout bruit dont le rapport, calculé sur une période de temps déterminée, de la valeur de crête maximale à la valeur efficace vraie est supérieur à 10 dB. La période de référence étant généralement comprise entre 1 seconde et 1 minute.

2. SPÉCIFICATIONS DES NORMES D'ÉVALUATION I.S.O. 1999 ET O.S.H.A. (HCA 1981)

2.1 Principes de mesure des niveaux équivalents d'exposition (Leq) stipulés par les normes de l'I.S.O. et de l'O.S.H.A.

Cette section présente brièvement les expressions mathématiques des principes d'évaluation promulgués par l'I.S.O. et par l'O.S.H.A.. Ces organismes stipulent d'inclure dans les calculs de Leq autant les composantes continues et stationnaires du bruit que les composantes impulsionnelles. Ces expressions mathématiques permettront de situer et de quantifier la véritable problématique qui entoure les mesures effectuées par le dosimètre de l'O.S.H.A..

NORME ISO 1999

L'évaluation de l'exposition professionnelle au bruit selon la norme ISO 1999 (1985) (2) intitulée "Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit" ne fait intervenir aucun principe de mesure particulier en rapport avec la nature du bruit. Le niveau équivalent continu d'exposition (Leq (ISO)) est obtenu simplement par la détermination du niveau équivalent continu de pression acoustique perçue par le travailleur. Ce principe de mesure évalue la moyenne, normalisée à une période de 8 heures, d'un paramètre physique directement relié à l'énergie acoustique perçue durant toute l'exposition journalière.

En définissant le niveau de pression acoustique pondéré A, exprimé en décibel, par:

$$L = 10 \log (P/P^0)^2 \text{ dB(A)} \quad (1)$$

où P = pression acoustique pondérée A

P⁰ = pression acoustique de référence (20 uPa)

le niveau équivalent continu d'exposition en dB(A) pour la période T s'exprime alors par l'équation:

$$Leq \quad (ISO) = 10 \log - \int_0^T 10^{L(t)/10} dt \quad \text{dB(A)} \quad (2)$$

où L(t) = niveau de pression acoustique au temps t

T = durée totale de l'exposition journalière

Le niveau équivalent continu d'exposition est alors ramené sur une base de 8 heures en utilisant l'équation:

$$Leq \quad (ISO)_{8h} = Leq \quad (ISO)_T + 10 \log - \frac{T}{8} \quad \text{dB(A)} \quad (3)$$

Ce principe est le seul qui puisse déterminer correctement un niveau équivalent de pression acoustique (Leq) quelque soit le type de bruit.

NORME OSHA

La valeur du niveau équivalent continu d'exposition selon la norme OSHA (Leq(OSHA)) n'est pas proportionnelle à l'énergie acoustique totale perçue durant l'exposition journalière mais dépend notamment de la façon dont cette énergie a été distribuée durant l'exposition.

Le principe d'évaluation de l'OSHA stipule que le Leq (OSHA) doit être déterminé en intégrant avec un facteur de bissection de 5 dB le niveau de bruit "moyenné" SLOW.

Le niveau équivalent continu d'exposition en dB(A) s'exprime alors mathématiquement par l'équation:

$$Leq (OSHA) = 16,61 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)/16,61} dt \quad \text{dB(A)} \quad (4)$$

où

$$L(t) = 10 \log \frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t 10^{L(\xi)/10} e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \quad (5)$$

est le niveau "moyenné" avec la constante de temps τ

$L(\xi)$ = niveau de bruit instantané

τ = constante de temps de moyenne exponentielle, normalisée à 1000 ms

T = durée de l'exposition

NOTE: si le bruit ne varie que lentement et ne comporte aucune composante impulsionnelle, $L(t)$ est simplement égal à $L(\xi)$ et alors seulement on retrouve la formule spécifiée à l'article 46 du règlement.

Le $Leq (OSHA)$ est ramené sur une base de 8 heures d'exposition

par la formule:

$$Leq (OSHA)_{8h} = Leq (OSHA)_T + 16,61 \log \frac{T}{8} \quad \text{dB(A)} \quad (6)$$

Les équations 4 et 5 montrent que le $Leq(OSHA)$ est obtenu par une intégration non linéaire en amplitude d'un niveau efficace "moyenné" exponentiellement dans le temps. De nombreux paramètres influencent ainsi le résultat du $Leq(OSHA)$:

- la nature du bruit qui détermine la valeur instantanée de la pression acoustique $L(\xi)$;
- la valeur de la constante de temps de la moyenne exponentielle temporelle qui détermine la valeur prise par le niveau efficace "moyenné" $L(t)$;
- la variabilité et l'intermittence du bruit qui influencent particulièrement le résultat du $Leq(OSHA)$.

Ainsi il est certain que, stipuler une constante de temps exponentielle SLOW de 1000 ms suivie d'un circuit d'intégration sur la base d'un facteur de bisection de 5 dB, limite intrinsèquement le domaine de mesure correcte en fonction des caractéristiques impulsionnelles du bruit.

Nous verrons un peu plus loin l'importance des erreurs de mesures directement liées au principe incorporé dans le dosimètre de l'O.S.H.A. lorsque le bruit n'est pas continu et que l'on ne peut négliger l'importance de l'équation 5.

2.2 Conception technique privilégiée des instruments.

Avant 1980, la majorité des instruments de prix abordables et de dimension raisonnable effectuaient la mesure des niveaux équivalents continu d'exposition conformément aux principes spécifiés par les normes d'évaluation de l'ISO et de l'OSHA en utilisant des techniques entièrement analogiques. Des instruments totalement différents étaient alors requis pour la mesure selon l'une ou l'autre des normes.

Ces dernières années, le développement technique survenu dans l'intégration des circuits numériques a permis aux concepteurs d'instruments de combiner des techniques analogiques et numériques qui leur ont permis de réaliser des instruments polyvalents pouvant effectuer les mesures d'exposition telles que stipulées par les normes de l'ISO et de l'OSHA par la simple modification de paramètres numériques. Presque tous les nouveaux instruments offerts aujourd'hui font appel à ce concept de design en raison de sa versalité et de son coût de plus en plus bas. Il est intéressant pour cette raison de mentionner les sources d'erreurs inhérentes à ce procédé de mesure.

Les concepts de design particuliers des instruments fonctionnent tous sur le principe d'un échantillonnage numérique rapide, généralement de 8 à 16 fois par seconde, du niveau de bruit mesuré à la sortie du détecteur de moyenne RMS exponentielle normalisé SLOW.

Les circuits des instruments n'appliquent alors plus directement les formules d'intégration continues des équations 2 et 4 mais effectuent plutôt les calculs d'intégration numériques suivantes:

$$\text{Leq(ISO)} = 10 \log - \sum_{n=1}^N 10^{\text{Ln}/10} \text{ dB(A)} \quad (6)$$

$$\text{Leq(OSHA)} = 16,61 \log - \sum_{n=1}^N 10^{\text{Ln}/16,61} \text{ dB(A)} \quad (7)$$

où L_n = la valeur du nième échantillon du niveau de bruit obtenu à la sortie du détecteur de moyenne RMS exponentielle SLOW

N = le nombre total d'échantillons de niveau de bruit

Il y a 3 sources d'erreurs inhérentes à l'application instrumentale de ce principe.

La première source d'erreur se rapporte à la précision de la réponse impulsionnelle du détecteur de valeur efficace exponentielle. Cette précision variera avec les caractéristiques impulsionnelles des bruits à mesurer et avec les limites de performances particulières des instruments.

La seconde source d'erreur est directement reliée à la cadence utilisée pour l'échantillonnage numérique. Pour un échantillonnage numérique effectué à une cadence régulière de 8 fois par seconde sur la sortie du détecteur de moyenne RMS exponentielle SLOW, une erreur maximale de 0,5 dB pourrait être causée sur la mesure des L_{eq} (3).

Enfin la troisième source d'erreur dépendra du niveau de bruit existant lors du déclenchement de l'intégration car à ce moment le détecteur de moyenne exponentielle est remis à zéro. Cette erreur n'est toutefois significative que pour des durées d'intégration très courtes. Après une intégration de 15 secondes l'erreur maximale possible sur la détermination du L_{eq} est de 0,5 dB. Cette erreur devient tout à fait négligeable pour une intégration d'une minute ou plus ce qui est généralement le cas dans les mesures d'exposition au bruit.

3.- NORMALISATION DES CARACTÉRISTIQUES DES INSTRUMENTS DE MESURE DU BRUIT

Les principes de mesure stipulés par les normes d'évaluation de l'ISO et de l'OSHA sont parfaitement définis et leur application ne pose aucun problème technique particulier pour la fabrication d'instrument de mesure très précis.

Jusqu'à tout récemment l'absence de normalisation rendait cependant très délicate la sélection judicieuse des instruments.

La section qui suit présente l'état de la normalisation instrumentale se rapportant aux dosimètres de bruit et aux sonomètres intégrateurs.

3.1 Norme instrumentale de la C.E.I. pour l'évaluation selon I.S.O. 1999.

La C.E.I. vient enfin de publier, il y a tout juste quelques semaines, une norme instrumentale (Publication 804) intitulée: "Sonomètres intégrateurs - moyenneurs" (4).

Cette norme spécifie des caractéristiques additionnelles aux sonomètres des 4 classes de précision déjà normalisées par la norme C.E.I. 651 (1979).

Les utilisateurs seront assurés que les instruments qui seront spécifiés par les manufacturiers conformes à l'une des classes de précision stipulées par cette norme pourront effectuer dans des limites de précision raisonnables et bien définies la mesure du niveau équivalent continu d'exposition autant pour des bruits stables que pour des bruits intermittents, fluctuants ou de caractéristiques impulsionnelles marquées.

La norme d'évaluation de l'I.S.O. mentionnera dans sa prochaine version l'usage spécifique d'instruments conforme au moins aux exigences minimales de la classe 2 de la norme C.E.I. 804 pour effectuer les mesures des niveaux équivalents continus d'exposition.

Les essais de performances décrits dans cette norme de la CEI relative aux sonomètres intégrateurs permettent d'apprécier une caractéristique des instruments appelée "gamme d'impulsion" qui décrit la précision des mesures d'impulsions isolées de durées variant de 1 ms à 1000 ms et d'évaluer la précision des mesures de bruits permanents mais de facteurs de crête élevés.

Plusieurs manufacturiers spécifient déjà leurs instruments en relation avec cette norme et la majorité prévoit avoir rendu leurs instruments conformes à cette norme dans l'année.

Cette norme est désormais la seule qu'il soit nécessaire de mentionner pour être assuré de performances minimales acceptables des sonomètres intégrateurs ou dosimètres portatifs de l'I.S.O..

La méthode d'évaluation que nous avons développée pour évaluer les performances des dosimètres de l'O.S.H.A. utilise les mêmes signaux d'essais et permet donc l'emploi des mêmes caractéristiques (gamme d'impulsion, facteur de crête) pour spécifier les performances des instruments de mesure du Leq (OSHA).

3.2 Norme instrumentale de l'A.N.S.I. pour l'évaluation selon l'O.S.H.A..

L'A.N.S.I. a publié en 1978 une norme, A.N.S.I. S1.25 (1978) (5) intitulée: "Specification for Personal Noise Dosimeters". Cette norme américaine devait contenir les spécifications des caractéristiques des dosimètres de bruit mesurant selon les directives des différentes législations gouvernementales américaines dont certaine utilise un facteur de bissection de 3, 4 ou 5 dB.

A l'époque de l'acceptation de cette norme instrumentale, la norme d'évaluation de l'O.S.H.A. ne spécifiait pas clairement l'inclusion des composantes impulsionnelles du bruit dans le calcul de l'exposition. En raison de cette ambiguïté existant en 1978 cette norme ne contient pas d'exigences et ne spécifie pas de caractéristiques instrumentales assurant que les instruments traiteront adéquatement tant les bruits stables que les bruits de caractéristiques impulsionnelles.

L'amendement 29 CFR 1910.95 de l'O.S.H.A. (6), qui devint loi en 1981, clarifia la situation en stipulant que les composantes continues et impulsionnelles du bruit devaient être intégrées dans le calcul du niveau équivalent continu d'exposition Leq (OSHA).

L'O.S.H.A. a mandaté en 1983 un groupe de travail A.N.S.I. pour réviser et ou remplacer cette norme instrumentale qui sous sa forme actuelle ne permet pas d'assurer qu'un instrument conforme à cette norme remplirait toutes les exigences et spécifications de la norme d'évaluation promulguée par l'O.S.H.A..

Ce groupe ANSI a aussi été mandaté par l'O.S.H.A. pour apporter certaines recommandations en ce qui concerne la problématique inhérente au dosimètre normalisé.

Selon certains contacts que nous avons eu avec ce groupe il semble peu probable que le principe d'opération du dosimètre soit révisé et que seul des essais de performances seront spécifiés.

Ce groupe ne devrait pas déposer ses recommandations avant 2 ou 3 ans encore.

3.3 Méthodes et critères utilisés par les laboratoires de l'I.R.S.S.T..

Devant les lacunes des normes instrumentales de l'époque et afin de pouvoir vérifier et déterminer les performances des instruments, nous avons suivi de près les différents projets de norme proposé par la CEI depuis 1978 pour normaliser les caractéristiques des sonomètres intégrateurs.

Nous avons ainsi pu établir des critères de précision minimum dès 1982. Ces critères sont entièrement conformes avec la nouvelle norme CEI 804.

On présente ci-après les particularités de la méthode de la CEI que nous avons adaptée pour évaluer les performances des dosimètres de bruit de l'O.S.H.A.

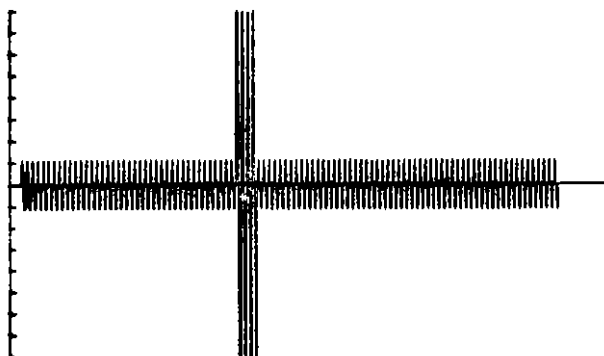
Description de la méthode d'essai de la CEI:

La norme de la CEI exige selon la classe de précision une gamme d'impulsion minimale et un facteur de crête minimal.

Le premier essai consiste en une impulsion isolée générée en phase avec un signal permanent. Le second essai simule un bruit de facteur de crête élevé par une suite d'impulsions rapprochées. Tous les instruments évalués dans ce rapport l'ont été conformément à cette norme.

Caractéristiques des signaux d'essais utilisés

Gamme d'impulsion



Fréquence du signal = 4 kHz
Signal permanent
égal au minimum de
la gamme de mesure

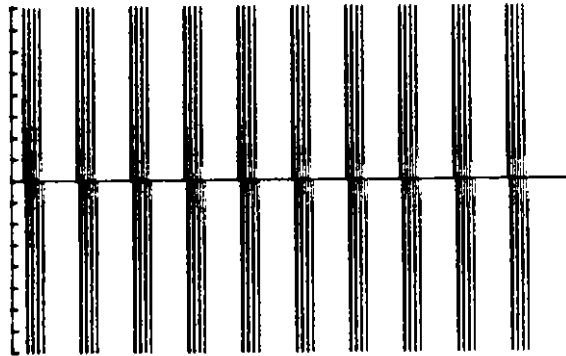
Impulsion isolée générée
en phase avec signal permanent

Durée des impulsions ≥ 1 ms et ≤ 1000 ms

Gamme d'impulsion = Valeur crête

Valeur efficace du
signal permanent

Facteur de crête



Fréquence du signal = 4 kHz
Durée des salves: ≥ 1 ms

Facteur de crête = Valeur
crête
Valeur
efficace

Adaptation de la méthode aux dosimètres de l'O.S.H.A..

Simulation par ordinateur:

La simulation par ordinateur des principaux circuits d'un dosimètre OSHA "idéal" a été utilisée pour déterminer les valeurs des niveaux équivalents de bruit Leq (OSHA) de tous

les signaux d'essais. Ces circuits simulent entre autre les caractéristiques particulières d'un dosimètre OSHA (cf. équations 4 et 5)

- fonction exponentielle dans le temps (constante de temps de 1000 ms)
- fonction non linéaire en amplitude (facteur de bisection de 5 dB)

Ce programme a aussi permis de voir l'effet de la modification de la constante de temps sur le calcul du niveau équivalent L_{eq} (OSHA).

Possibilités du programme:

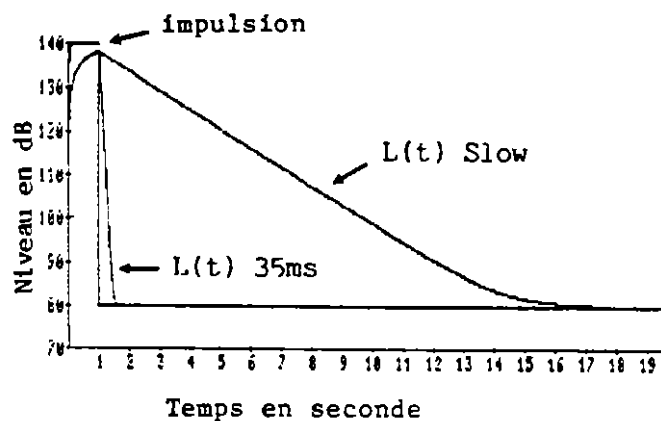
- définition du niveau instantané de bruit $L(\xi)$ à chaque 1 ms;
- calcul du niveau moyen $L(t)$ avec $\tau = 1000$ ms;
- calcul du niveau moyen $L(t)$ avec $\tau = 35$ ms;
- calcul du L_{eq} (OSHA, Slow) normalisé;
- calcul du L_{eq} (OSHA, 35 ms) modifié;

Méthodes de calcul de la mesure simulée:

- de $-\infty$ au temps $t = 0$, un signal constant est appliqué;
- les impulsions isolées sont générées au temps $t = 0$;
- pour les essais de gamme d'impulsion, l'intégration du niveau équivalent L_{eq} (OSHA) débute au temps $t = 0$ et se termine au moment où l'écart entre le niveau moyen $L(t)$ Slow et le niveau du signal permanent est inférieur à 0,1 dB;

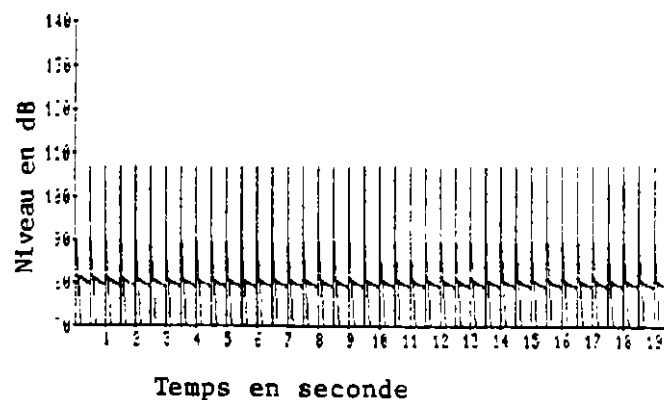
- pour la simulation des essais de facteur de crête, la période d'intégration est arbitraire mais débute elle aussi au temps $t = 0$ en même temps qu'est générée la première salve de signaux;

Exemple de mesures simulées
Gamme d'impulsion



Gamme d'impulsion = 63 dB
Durée de l'impulsion = 1000 ms
Niveau permanent = 80 dB
Niveau rms de l'impulsion = 140 dB
Durée de la mesure = 18139 ms

Facteur de crête



Niveau de bruit = 80 dB
Facteur de crête = 30 dB
Durée des salves = 1 ms

Résultats des mesures

Leq (ISO)	= 127.4 dB	Leq (ISO)	= 80.0 dB
Leq (OSHA)	= 123.3 dB	Leq (OSHA)	= 80.0 dB
Leq (OSHA, 35ms)	= 119.4 dB	Leq (OSHA, 35ms)	= 76.0 dB
Leq (OSHA) - Leq (ISO)	= -4.1 dB	Leq (OSHA) - Leq (ISO)	= 0.0 dB

Notre méthode d'essai a été mise au point en effectuant systématiquement plusieurs dizaines de mesures simulées selon la méthode décrite précédemment.

L'annexe A contient les résultats de mesures simulées d'impulsions isolées d'amplitudes et de durées variables superposées à un bruit continu et les résultats de mesures de bruits de facteurs de crêtes élevés.

Ces mesures nous renseignent précisément sur le fonctionnement d'un dosimètre "idéal" conforme au principe de l'O.S.H.A. et de l'impact sur le comportement du dosimètre d'une réduction de la constante de temps.

L'annexe B présente le tableau des résultats utilisés lors des essais de détermination de la précision des mesures du Leq (OSHA) qui correspondent aux valeurs à lire sur l'instrument 30 ou 60 secondes après l'application d'une impulsion.

La section suivante présente et commente le comportement du dosimètre de l'O.S.H.A.

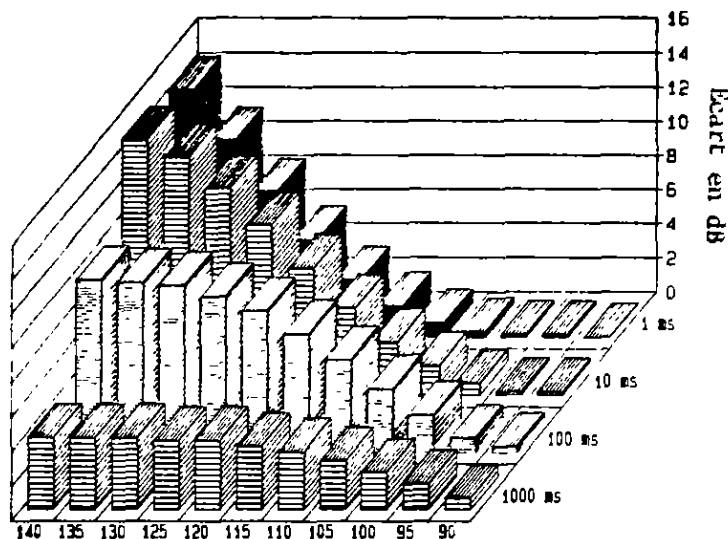
4.- PROBLÉMATIQUE DE LA MESURE SELON LA NORME DE L'O.S.H.A.

4.1 Comportement théorique du dosimètre normalisé selon le principe de l'O.S.H.A..

Les résultats des mesures simulées d'impulsions isolées et des bruits de facteurs de crêtes élevés contenus à l'annexe A sont présentés ci-après sous forme graphique pour le dosimètre normalisé ayant une constante de temps SLOW.

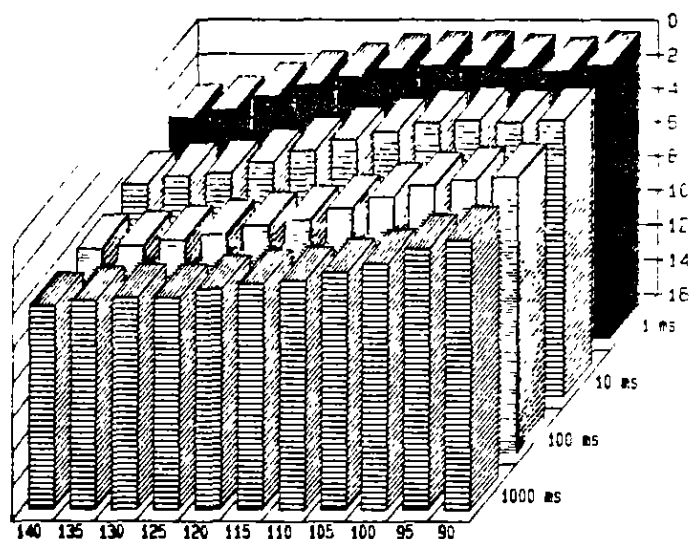
Mesure d'impulsions isolées

Majoration par rapport à un L(OSHA) calculé sans constante de temps



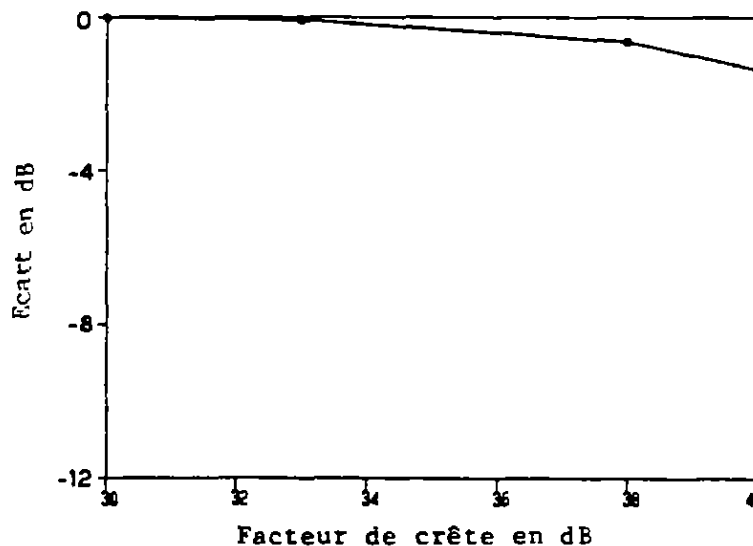
Niveau en dB

Sous-estimation de l'énergie (Leq (ISO))



Niveau en dB

Mesure de bruit permanent de facteur de crête élevé



Commentaires sur le comportement du dosimètre de l'O.S.H.A.

- La constante de temps SLOW a une influence déterminante sur la valeur du Leq (OSHA)
- Lors de la mesure d'impulsions isolées, la constante de temps SLOW a pour effet de majorer le niveau équivalent Leq (OSHA) par rapport à une mesure qui serait effectuée directement sur la valeur instantané du bruit
- Nous constatons que le Leq (OSHA) malgré cette majoration est cependant toujours inférieur (≈ -4 dB) au Leq (ISO). En présence de tels bruits la norme d'évaluation de l'ISO stipule en plus de majorer le Leq (ISO) de 5 dB pour tenir compte de la nocivité accrue de ce type de bruit. Il y a donc ici un très grand écart (≈ 10 dB) entre les Leq évalués par les normes de l'I.S.O et de l'O.S.H.A.
- Les bruits permanents de facteurs de crête élevés sont aussi sous-estimés de plus en plus à mesure que le facteur de crête augmente. L'erreur devient non négligeable pour des bruits de facteurs de crête de 40 dB et plus.
- Dans tous les cas il y a nettement sous-estimation de la contribution des composantes impulsives du bruit sur l'exposition
- L'application du principe d'égalité nocivité du Leq (OSHA), qui pénalise le Leq d'énergie, sur la base de l'intermittence du bruit et de la récupération de la fatigue auditive devient difficilement justifiable pour des bruits permanents de facteurs de crête élevés.

- Ce curieux comportement de l'appareil normalisé n'a jamais été explicité ni associé par l'O.S.H.A. à une quelconque loi physiologique. En attendant que l'OSHA prenne position sur ce sujet, nous considérons que ce problème intrinsèque aux instruments dénote un sérieux problème de validité et d'applicabilité de la réglementation actuelle.

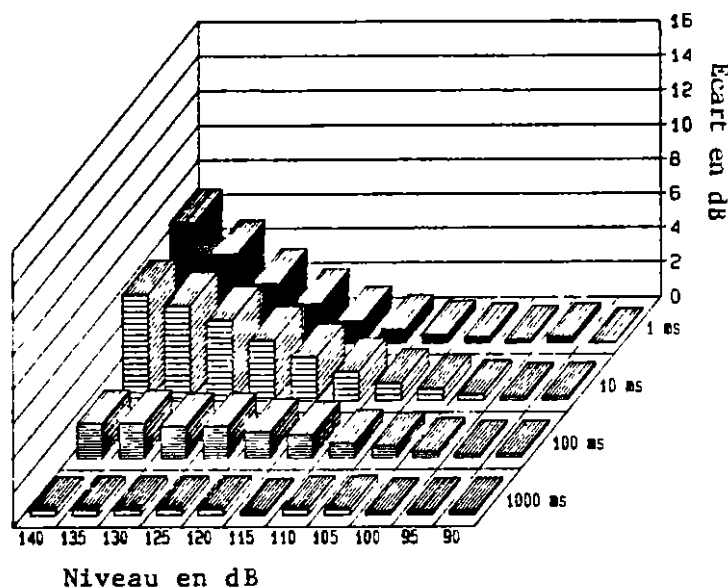
4.2 Comportement théorique d'un dosimètre fonctionnant selon le principe de l'O.S.H.A. mais ne possédant pas la constante de temps normalisée "SLOW".

Les résultats contenus à l'annexe A sont présentés ci-après sous forme graphique pour le dosimètre modifié ayant une constante de temps de 35 ms.

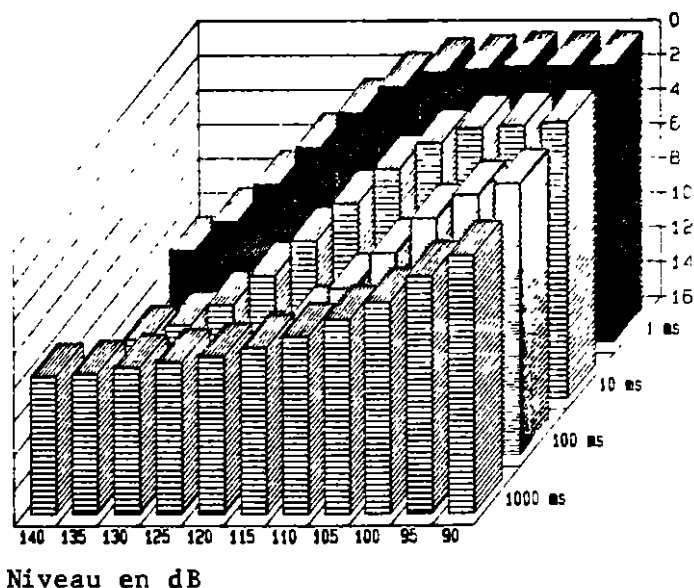
Un intérêt supplémentaire à cet examen provient du fait que de nombreux auteurs voient dans ce dosimètre modifié la solution à la problématique de la mesure du Leq (OSHA) (7,8,9) et que des instruments de mesure ainsi modifiés sont déjà disponibles chez différents manufacturiers. De plus l'association des Chocolatiers américains fait circuler une pétition qu'elle enverra à l'O.S.H.A. pour demander de modifier la constante de temps actuelle pour une constante de 35 ms.

Mesure d'impulsions isolées

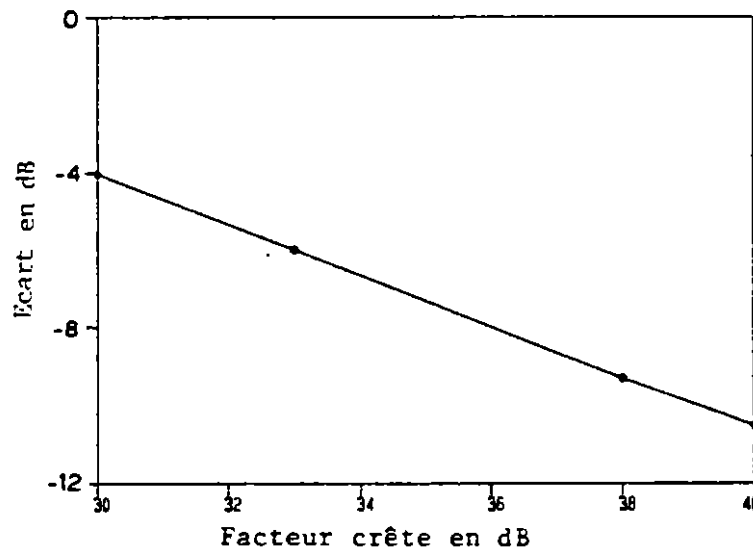
Majoration par rapport à un L(OSHA) calculé sans constante de temps



Sous-estimation de l'énergie (Leq (ISO))



Mesure de bruit permanent de facteur de crête élevé



Commentaires sur le comportement du dosimètre mmodifié

- Le rôle tenu par la constante de temps exponentielle lors de la mesure selon le principe de l'O.S.H.A. est plus notable lorsque l'on examine le fonctionnement d'un dosimètre "idéal" ayant une constante de temps de 35 ms au lieu de 1000 ms.
- La majoration du Leq (OSHA, 35ms) par rapport à un Leq (OSHA) calculé directement sur le niveau instantané de bruit est beaucoup moindre. La sous-estimation du niveau de bruit véritable en est d'autant plus élevée.
- La contribution des composantes impulsionnelles au Leq (OSHA, 35ms) est presque entièrement éliminée.
- Pour la mesure de certaines impulsions, on note une sous-estimation atteignant jusqu'à -12 dB par rapport au Leq (ISO) (-17 dB avec le facteur de risque stipulé par l'I.S.O.).

- Il se produit une sous-estimation très importante (10 dB et plus) du Leq des bruits permanents de facteurs de crête élevés.
- La valeur de la constante de temps normalisée par l'O.S.H.A. ne peut donc être modifiée sans entrainer dans tous les cas une grande sous-estimation des niveaux équivalents de bruit.
- L'utilisation de certains modèles d'instrument modifié est fortement à déconseiller car il y aurait une grave sous-estimation des véritables niveaux d'exposition et des risques à la santé que pourrait courir les travailleurs exposés au bruit.

5.- ÉVALUATION DES INSTRUMENTS CONFORMÉMENT A LA NORME C.E.I. 804 ET A NOTRE ADAPTATION POUR LE DOSIMETRE DE L'O.S.H.A.

Cette section effectue le bilan des performances réelles de tous les modèles d'instruments de mesure du bruit utilisés dans le réseau ainsi qu'une évaluation de l'adaptabilité des dosimètres advenant la modification du règlement actuel. L'évaluation est effectuée selon les recommandations de la norme CEI 804 (1985) et selon notre adaptation pour les dosimètres mesurant selon le principe de l'O.S.H.A.. Les tolérances indiquées correspondent aux tolérances définies par cette norme pour les sonomètres intégrateurs de classes 1 et 2.

5.1 Instruments faisant l'objet de l'évaluation.

Une dizaine d'instruments ont été évalués. Cela inclus tous les modèles de sonomètres intégrateurs et de dosimètres de bruit utilisés dans le réseau ainsi que quelques autres modèles qui avaient été proposés par certains manufacturiers comme conformes au devis lors des appels d'offres effectués depuis 1982.

Le tableau suivant identifie les modèles d'instruments évalués et donne approximativement le nombre d'unité utilisé dans le réseau.

Manufacturier	Modèle	Classe	Quantité
Bruel & Kjaer	2218	1	31
	2222	1	4
	2225	2	58
	4431	2	87
Du Pont	MK-1	2	54
	MK-3	2	10
Larson-Davis	710*	2	47
Quest	15	2	0
Metrosonics	DB-306	2	38
	DB-307	2	0
	DB-308	2	0

* en cour d'achat

Le tableau suivant donne la liste de tous les autres modèles d'instruments qui sont utilisés dans le réseau.

Manufacturier	Modèle	Classe	Quantité
Bruel & Kjaer	2203	1	2
	2215	1	14
	2219	2	14
Quest	215	2	2
Edmont	60-535	2	2
Genrad	1933	1	1

Une appréciation spéciale sera aussi effectuée pour ces sonomètres conventionnels dans la section suivante.

5.2 Résultats d'évaluation des instruments et bilan de la situation.

Les graphiques et les tableaux des résultats d'évaluation sont présentés à l'annexe C.

En ce qui concerne les sonomètres intégrateurs (93 unités) actuellement utilisés dans le réseau tous les modèles rencontrent les exigences de la norme C.E.I. 804 (1985).

Les dosimètres Bruel & Kjaer modèle 4431 et Metrosonics modèle DB-306 sont quant à eux tout à fait inaptes et causent de graves sous-estimations du Leq (OSHA).

En ce qui concerne les sonomètres qui n'ont pas fait l'objet de l'évaluation à l'exception du modèle 2215 de Bruel & Kjaer qui est spécialisé dans les mesures en bandes de fréquences, tous les autres instruments (19/33) ayant la plupart déjà de 12 à 15 ans d'usage sont désuets et limités à la mesure du bruit continu et stationnaire et ne rencontrent pas les exigences des normes d'évaluation.

5.3 Adaptabilité des dosimètres de bruit du réseau dans l'éventualité d'une modification du règlement.

Dans l'éventualité d'une modification de la réglementation québécoise on évaluera pour terminer l'adaptabilité des dosimètres du réseau selon les différentes avenues actuellement à l'étude.

En raison des spécifications d'achat que nous avons établies tous les dosimètres achetés depuis 1982 peuvent être ajusté par les utilisateurs pour mesurer selon les normes de l'I.S.O. et de l'O.S.H.A.. Les derniers dosimètres (en cour d'achat) effectuent même simultanément les calculs et permettent donc de constater facilement les différences pouvant survenir entre les résultats des deux méthodes d'évaluation.

6.-CONCLUSION

La constante de temps SLOW normalisée pour le dosimètre de l'O.S.H.A. est incompatible avec une mesure basée sur un facteur de bissection autre que 3 dB. Dans le cas du dosimètre de l'O.S.H.A. basé sur un facteur de bissection de 5 dB cet appareil sous-évalu intrinsèquement et de façon marquée l'exposition aux bruits non stationnaires.

L'évaluation précise de l'exposition à tous les types de bruit ne peut être correctement effectuée que par un instrument mesurant le Leq tel que défini par l'I.S.O..

La nouvelle norme instrumentale de la C.E.I. vient de fournir un élément essentiel pour régler le problème de la précision instrumentale.

L'utilisation d'instruments non conforme à la norme CEI 804 empêche d'établir les véritables risques à la santé des travailleurs exposés au bruit et remet en question la validité et l'exactitude de nombreuses mesures d'exposition, ce qui pénalise actuellement les travailleurs.

ANNEXE A

TABLEAU DES RÉSULTATS DES INTÉGRATIONS SIMULÉES D'IMPULSION ISOLÉE.

IMPULSION #		Durée de la mesure en ms	Leq théorique en dB	L(OSHA,0)		L(OSHA,Slow)		L(OSHA,35ms)		DIFFERENCE L(OSHA) - Leq	
Niveau en dB	Durée en ms			théorique en dB	mesure en dB	écart en dB	mesure en dB	écart en dB	L(OSHA,Slow) en dB	L(OSHA,35ms) en dB	
140	1	10691	99.9	82.3	96.8	14.5	89.3	7.0	- 3.1	-10.6	
135	1	9539	95.5	81.4	92.9	11.5	86.5	5.1	- 2.6	- 9.0	
130	1	8388	91.2	80.8	89.3	8.5	84.3	3.5	- 1.9	- 6.9	
125	1	7237	87.4	80.5	86.2	5.7	82.8	2.3	- 1.2	- 4.6	
120	1	6085	84.3	80.3	83.7	3.4	81.7	1.4	- 0.6	- 2.6	
115	1	4934	82.1	80.2	82.0	1.8	81.0	0.8	- 0.1	- 1.1	
110	1	3781	81.0	80.1	81.0	0.9	80.6	0.5	0.0	- 0.4	
105	1	2627	80.5	80.1	80.5	0.4	80.4	0.3	0.0	- 0.1	
100	1	1465	80.3	80.1	80.2	0.1	80.3	0.2	- 0.1	0.0	
140	10	12998	109.0	90.3	105.2	14.9	96.5	6.2	- 3.8	-12.5	
135	10	11846	104.4	87.2	101.0	13.8	92.7	5.5	- 3.4	-11.7	
130	10	10695	99.9	84.8	96.0	12.0	89.4	4.6	- 3.1	-10.5	
125	10	9544	95.4	83.1	92.9	9.8	86.6	3.5	- 2.5	- 8.8	
120	10	8392	91.2	81.9	89.3	7.4	84.4	2.5	- 1.9	- 6.8	
115	10	7241	87.4	81.2	86.2	5.0	82.8	1.6	- 1.2	- 4.6	
110	10	6089	84.3	80.7	83.7	3.0	81.7	1.0	- 0.6	- 2.6	
105	10	4935	82.2	80.4	82.0	1.6	81.1	0.7	- 0.2	- 1.1	
100	10	3777	81.0	80.3	81.0	0.7	80.7	0.4	0.0	- 0.3	
140	100	15346	118.2	104.8	114.0	10.0	106.0	2.0	- 4.2	-12.2	
135	100	14194	113.6	99.7	109.6	9.9	101.7	2.0	- 4.0	-11.0	
130	100	13043	108.9	95.7	105.3	9.6	97.6	1.9	- 3.6	-11.3	
125	100	11892	104.3	92.0	101.0	9.0	93.8	1.8	- 3.3	-10.5	
120	100	10740	99.8	88.8	96.9	8.1	90.3	1.5	- 2.9	- 9.5	
115	100	9589	95.4	86.0	92.9	6.9	87.3	1.3	- 2.5	- 8.0	
110	100	8437	91.1	84.0	89.3	5.3	84.9	0.9	- 1.8	- 6.2	
105	100	7283	87.3	82.6	86.2	3.6	83.2	0.6	- 1.1	- 4.1	
100	100	6125	84.2	81.6	83.7	2.1	82.0	0.4	- 0.5	- 2.2	
140	1000	18139	127.4	119.1	123.3	4.2	119.4	0.3	- 4.1	- 8.0	
135	1000	16988	122.7	114.6	118.8	4.2	114.9	0.3	- 3.9	- 7.8	
130	1000	15837	118.0	110.2	114.3	4.1	110.5	0.3	- 3.7	- 7.5	
125	1000	14685	113.4	105.8	109.8	4.0	106.1	0.3	- 3.6	- 7.2	
120	1000	13534	108.7	101.5	105.5	4.0	101.8	0.3	- 3.2	- 6.9	
115	1000	12382	104.1	97.5	101.2	3.7	97.7	0.2	- 2.9	- 6.4	
110	1000	11230	99.6	93.6	97.0	3.4	93.9	0.3	- 2.6	- 5.7	
105	1000	10077	95.1	90.1	93.0	2.9	90.4	0.3	- 2.1	- 4.7	
100	1000	8919	90.9	87.1	89.3	2.2	87.3	0.2	- 1.6	- 3.6	

* Les impulsions isolées sont superposées à un signal permanent de 80 dB

TABLEAU DES SOUS-ESTIMATIONS DES LEQ EN FONCTION DU FACTEUR DE CRETE DE BRUITS PERMANENTS.

Facteur de crête	Sous-estimation des Leq	
	Leq (OSHA)	Leq (OSHA,35ms)
30	0	-4,0
33	-0,1	-6,0
38	-0,6	-9,3
40	-1,3	-10,6

ANNEXE B

TABLEAU DES RÉSULTATS UTILISÉS POUR LA DÉTERMINATION DE LA PRÉCISION DU DÉTECTEUR DE VALEUR EFFICACE DES SONOMETRES INTÉGRATEURS OU DES DOSIMETRES PORTATIFS.

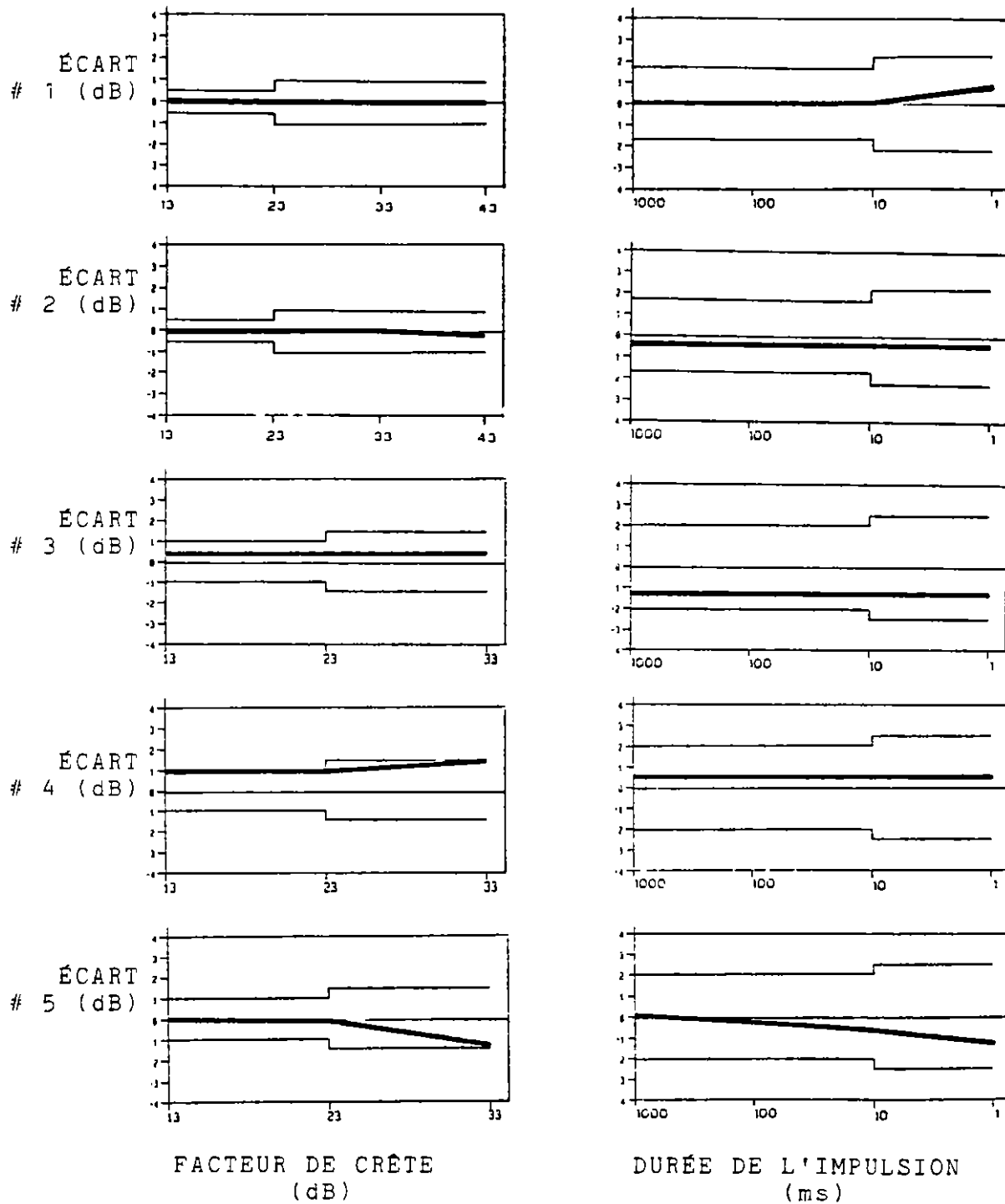
IMPULSION *		Durée de la mesure en ms	Leq théorique en dB	L (OSHA,S) mesuré en dB	L (OSHA) après 30 s en dB	L (OSHA) après 1 m en dB
Niveau en dB	Durée en ms					
140	1	10691	99.9	96.8	90.5	87.0
135	1	9539	95.5	92.9	86.8	84.2
130	1	8388	91.2	89.3	84.0	82.3
125	1	7237	87.4	86.2	82.0	81.1
120	1	6085	84.3	83.7	80.9	80.5
115	1	4934	82.1	82.0	80.4	80.2
110	1	3781	81.0	81.0	80.1	80.1
105	1	2627	80.5	80.5	80.0	80.0
100	1	1465	80.3	80.2	80.0	80.0
140	10	12998	109.0	105.2	99.4	94.9
135	10	11846	104.4	101.0	94.9	90.7
130	10	10695	99.9	96.8	90.5	87.0
125	10	9544	95.4	92.9	86.8	84.2
120	10	8392	91.2	89.3	84.0	82.3
115	10	7241	87.4	86.2	82.0	81.1
110	10	6089	84.3	83.7	80.9	80.5
105	10	4935	82.2	82.0	80.4	80.2
100	10	3777	81.0	81.0	80.1	80.1
140	100	15346	118.2	114.0	109.2	104.4
135	100	14194	113.6	109.6	104.3	99.6
130	100	13043	108.9	105.3	99.6	95.0
125	100	11892	104.3	101.0	94.9	90.8
120	100	10740	99.8	96.9	90.6	87.1
115	100	9589	95.4	92.9	86.9	84.2
110	100	8437	91.1	89.3	84.0	82.3
105	100	7283	87.3	86.2	82.1	81.1
100	100	6125	84.2	83.7	80.9	80.5
140	1000	18139	127.4	123.3	119.7	114.7
135	1000	16988	122.7	118.8	114.7	109.8
130	1000	15837	118.0	114.3	109.7	104.9
125	1000	14685	113.4	109.8	104.8	100.0
120	1000	13534	108.7	105.5	100.0	95.4
115	1000	12382	104.1	101.2	95.3	91.2
110	1000	11230	99.6	97.0	91.0	87.4
105	1000	10077	95.1	93.0	87.2	84.4
100	1000	8919	90.9	89.3	84.2	82.4

* Les impulsions isolées sont superposées à un signal permanent de 80 dB

ANNEXE C

TABLEAUX ET GRAPHIQUES DES RÉSULTATS D'ÉVALUATION.

GRAPHIQUES DES RÉSULTATS DES ÉVALUATION



- # 1 Brüel & Kjaer, modèle 2218 (Leq)
- # 2 Brüel & Kjaer, modèle 2222 (Leq)
- # 3 Brüel & Kjaer, modèle 2225 (Leq)
- # 4 Larson-Davis, modèle 700 (Losha)
- # 5 DuPont, série MK (Losha)

Tableau des résultats des évaluations

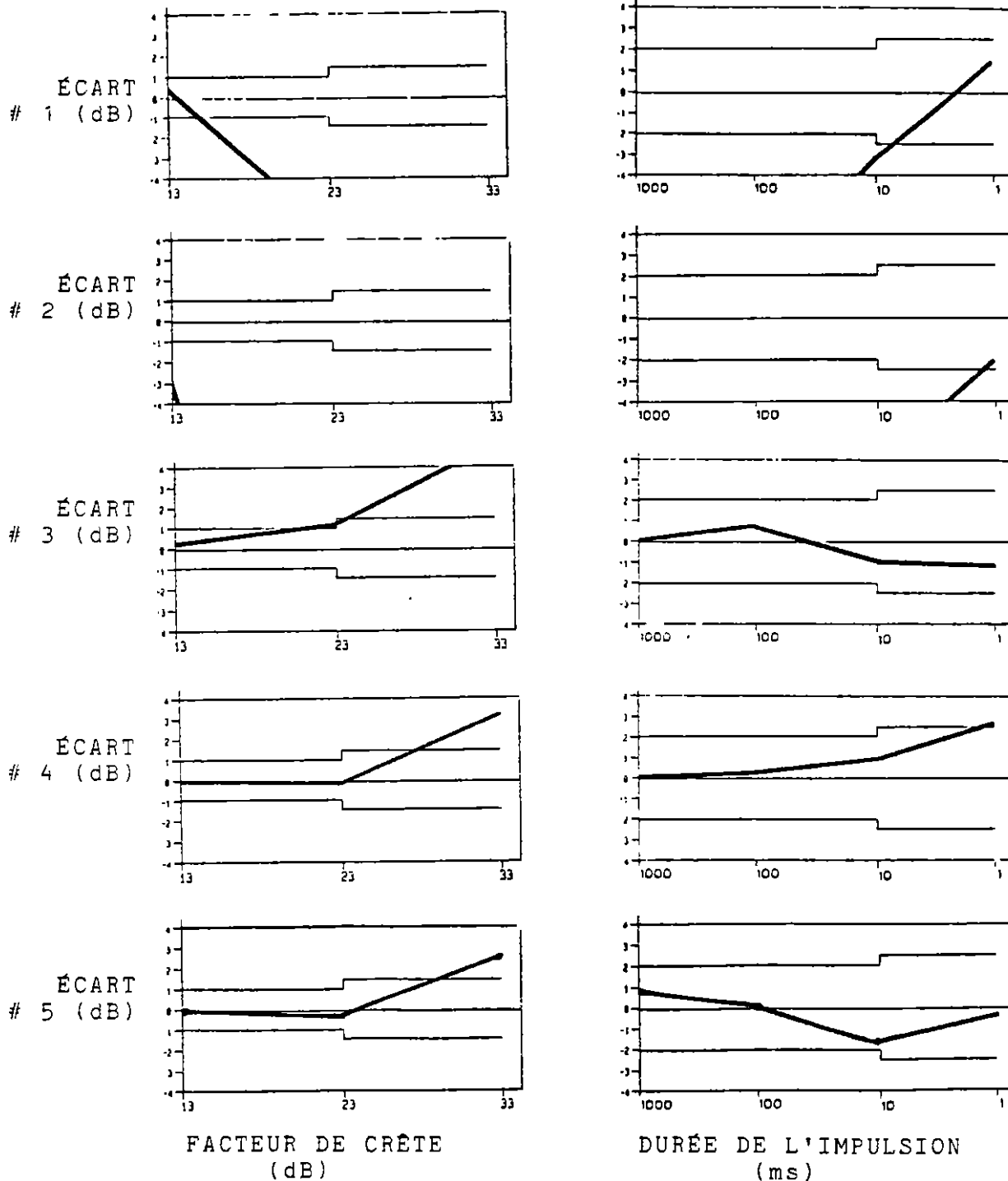
MODELE	CLASSE	GAMME DE LINEARITE		GAMME D'IMPULSION		GAMME D'IMPULSION EXIGEE				FACTEUR DE CRETE			
		EXIGEE (dB)	SPÉCIFIÉE (dB)	EXIGEE (dB)	OBTENUE (dB)	DURÉE DE L'IMPULSION (ms)	ÉCART PERMIS (dB)	ÉCART OBTENU (dB)	NIVEAU GENÈRE (dB)	ÉCART PERMIS (dB)	ÉCART OBTENU (dB)		
B&K modèle 2218	1	60	80	63	63	1	+ 2.2	0.7	MND	13	+ 0.5	0	MND
						10	+ 1.7	0.1	MND	23	+ 0.5	0	MND
						100	+ 1.7	0	MND	33	+ 1.0	0.1	MND
						1000	+ 1.7	0.2	MND	43	+ 1.0	0	MND
(Niveau permanent 85 dB)													
B&K modèle 2222	1	60	60	63	63	1	+ 2.2	-0.2	MND	13	+ 0.5	0	MND
						10	+ 1.7	-0.1	MND	23	+ 0.5	0.1	MND
						100	+ 1.7	-0.2	MND	33	+ 1.0	0.1	MND
						1000	+ 1.7	-0.1	MND	43	+ 1.0	-0.2	MND
(Niveau permanent 65 dB)													
B&K modèle 2225	2	50	60	53	53	1	+ 2.5	-1.2	MND	13	+ 1.0	0.5	MND
						10	+ 2.0	-1.4	MND	23	+ 1.0	0.5	MND
						100	+ 2.0	-1.2	MND	33	+ 1.5	0.5	MND
						1000	+ 2.0	-1.2	MND	43	NAP		
(Niveau permanent 60 dB)													
Larson- Davis modèle 700	2	50	110	53	53	1	+ 2.5	0.7	0.5	13	+ 1.0	1.0	1.0
						10	+ 2.0	0.1	0.5	23	+ 1.0	1.0	1.0
						100	+ 2.0	0.3	0.5	33	+ 1.5	1.5	1.5
						1000	+ 2.0	0.8	0.6	43	NAP		
(Niveau permanent 80 dB)													
Dupont série NK	2	50	58	53	53	1	+ 2.5	-2.2	-1.3	13	+ 1.0	0.1	0
						10	+ 2.0	-0.8	-0.6	23	+ 1.0	-0.1	-0.1
						100	+ 2.0	-0.3	-0.2	33	+ 1.5	-1.2	-1.4
						1000	+ 2.0	0.1	0.2	43	NAP		
(Niveau permanent 88 dB)													

NAP : Ne s'applique pas

MND : Mesure non disponible

+ : Gamme d'impulsion minimale à mesurer

GRAPHIQUES DES RÉSULTATS DES ÉVALUATIONS



- # 1 Brüel & Kjaer, modèle 4431 (Losha)
- # 2 Metrosonics, modèle DB-306 (Losha)
- # 3 Quest, modèle Micro-15 (Losha)
- # 4 Metrosonics, modèle DB-307 (Losha)
- # 5 Metrosonics, modèle DB-308 (Leq)

Tableau des résultats des évaluations

MODELE	CLASSE	GAMME DE LINEARITE		GAMME D'IMPULSION		GAMME D'IMPULSION EXIGEE			FACTEUR DE CRETE				
		EXIGEE (dB)	SPECIFIEE (dB)	EXIGEE (dB)	OBTENUE (dB)	DUREE DE L'IMPULSION (ms)	ECART PERMIS (dB)	ECART OBTENU (dB)	NIVEAU GENERE (dB)	ECART PERMIS (dB)	ECART OBTENU (dB)		
B&K						1	+ 2.5	MND	1.3	13	+ 1.0	MND	0.4
modèle 4431	2	50	41	53	* ≤ 43	10	+ 2.0	MND	-3.0	23	+ 1.0	MND	-5.8
					(Niveau permanent 85 dB)	100	+ 2.0	MND	-6.0	33	+ 1.5	MND	-23.6
						1000	+ 2.0	MND	-7.4	43	NAP		
Metrosonics						1	+ 2.5	MND	-1.8	13	+ 1.0	MND	-3.0
modèle DB-306	2	50	64	53	* ≤ 43	10	+ 2.0	MND	-6.5	23	+ 1.0	MND	-88
					(Niveau permanent 85 dB)	100	+ 2.0	MND	-14.0	33	+ 1.5	MND	-88
						1000	+ 2.0	MND	-11.9	43	NAP		
Quest						1	+ 2.5	-2.3	-1.0	13	+ 1.0	0.5	0.3
modèle micro-15	2	50	96	53	53	10	+ 2.0	-2.0	-0.8	23	+ 1.0	1.4	1.3
					(Niveau permanent 96 dB)	100	+ 2.0	0.8	0.7	33	+ 1.5	5.1	5.3
						1000	+ 2.0	0.1	0.1	43	NAP		
Metrosonics						1	+ 2.5	3.8	2.8	13	+ 1.0	-0.2	0
modèle DB-307	2	50	95	53	51	10	+ 2.0	-0.3	1.0	23	+ 1.0	-0.3	-0.1
					(Niveau permanent 80 dB)	100	+ 2.0	-0.1	0.2	33	+ 1.5	3.3	3.3
						1000	+ 2.0	0.1	0	43	NAP		
Metrosonics						1	+ 2.5	0.5	ENE	13	+ 1.0	0	ENE
modèle DB-308	2	50	95.6	53	53	10	+ 2.0	-1.8	ENE	23	+ 1.0	-0.2	ENE
					(Niveau permanent 85 dB)	100	+ 2.0	0.1	ENE	33	+ 1.5	2.5	ENE
						1000	+ 2.0	0.8	ENE	43	NAP		

NAP : Ne s'applique pas

MND : Mesure non disponible

* : Gamme d'impulsion minimale à mesurer

ENE : Evaluation non effectuée

7.- BIBLIOGRAPHIE

- 1- Orientation en matière de revision de la norme d'exposition des travailleurs exposés à des bruits continus. Février 1984. Document de travail de la Direction générale, prévention/inspection, coordination programmation, direction hygiène du travail, direction médecine du travail et épidémiologie.
- 2- ISO/DIS 1999 (1984) Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit. International Standard Organization, 1984
- 3- Peter Hedegaard (1983) Design principles for integrating sound level meters. Bruel & Kjaer - Technical Review N 4 1983
- 4- Commission Electrotechnique Internationale - Publication 804 (1985) Sonomètres intégrateurs-moyenneurs
- 5- American National Standard Institute - ANSI S1.25 (1978) Specification for Personal Noise Dosimeters
- 6- Federal Register, 46:162 - August 1981 Occupational Noise Exposure: Hearing Conservation Amendment: Rule and Proposed Rule
- 7- Earshen, John J., Metrosonics "On overestimation of noise dose in the presence of impulsive noise" Inter-Noise 1980
- 8- Erdreich, John, NIOSH "Problems and Solutions in Impulse Noise Dosimetry" Sound and Vibration, March 1984
- 9- Rockwell, Chesterland, Ohio "Real and Imaginary OSHA Noise Violations" Sound and Vibration, March 1981
- 10- Scory, Henri, IRSST. "Rapport d'évaluation des équipements Metrosonics", juin 1983 *.

* Ce rapport a été adressé au Directeur du soutien technique.