

Discussion sur l'utilisation des incertitudes lors du mesurage du bruit au travail

Thomas Padois, Hugues Nélisse,
Alberto Morales

IRSST

QR-1204-fr





NOS RECHERCHES travaillent pour vous!

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

Mission

Dans l'esprit de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) et de la *Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles* (LATMP), la mission de l'IRSST est de : Contribuer à la santé et à la sécurité des travailleuses et travailleurs par la recherche, l'expertise de ses laboratoires, ainsi que la diffusion et le transfert des connaissances, et ce, dans une perspective de prévention et de retour durables au travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique [InfoIRSST](#)

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2024
ISBN 978-2-89797-299-8 (PDF)

<https://doi.org/10.70010/UJWD5916>

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2024

IRSST — Service des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

Note au lectorat

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs. Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document n'ont pas fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information. Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle. Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cadre de référence pour la recherche en SST



Prévention des atteintes à l'intégrité physique et psychique



Réadaptation, retour et maintien au travail



Surveillance et prospection des données en SST



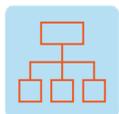
Identification des dangers, estimation et évaluation des risques



Élimination des dangers et maîtrise des risques



Métrologie appliquée à la SST



Organisation du travail



Santé mentale et psychologique



Population, société et SST

TABLE DES MATIÈRES

1.	CONTEXTE	1
1.1	Norme ISO 9612	1
1.2	Norme CSA Z107.56-13	7
2.	DISCUSSION	9

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Sources d'incertitude selon la norme ISO 9612.....	2
Tableau 2.	Incertitudes types données dans la norme ISO 9612.....	4

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Diagramme permettant de sélectionner la stratégie de mesurage selon la norme ISO 9612	2
Figure 2.	Valeurs minimales des incertitudes	5
Figure 3.	Calculatrice fournie par l'INRS dans le cas d'un mesurage basé sur la tâche	6
Figure 4.	Calculatrice fournie par l'INRS dans le cas d'un mesurage basé sur la journée entière.....	7

1. CONTEXTE

Selon le Décret 781-2021 publié dans la Gazette officielle du Québec du 16 juin 2021, des changements sur les dispositions réglementaires encadrant le bruit en milieu de travail ont été apportés au Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) et au Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC). Ces changements sont entrés en vigueur le 16 juin 2023 et visent à prévenir l'exposition au bruit dans les milieux de travail, ils permettront notamment une meilleure harmonisation avec les normes nationales et internationales sur le bruit au travail.

Dans ce décret, deux normes sont citées pour le mesurage des niveaux d'exposition au bruit :

- ISO 9612:2009 Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail – Méthode d'expertise (appelée ci-après ISO 9612) ;
- CSA Z107.56-13:2014 Mesure de l'exposition au bruit (appelée ci-après CSA Z107.56-13).

La norme ISO 9612 est citée trois fois aux articles 131 et 139 dans le RSST et aux articles 2.21.2 et 2.21.8 dans le CSTC. La norme CSA Z107.56-13 est citée conjointement aux mêmes articles.

L'article 131 précise les définitions du niveau d'exposition quotidienne, noté $L_{ex,8h}$, et du niveau de pression acoustique de crête et donne les valeurs limites d'exposition au bruit (VLE). L'article 139 définit comment doit être effectué le mesurage de ces niveaux. Les articles 2.21.2 et 2.21.8 concernent les mêmes définitions dans le CSTC. Alors que la norme ISO 9612 n'est citée que pour définir les équations dans l'article 131, celle-ci est citée pour expliquer comment effectuer les mesurages des niveaux d'exposition quotidienne et de pression acoustique de crête dans l'article 139.

Une des différences notables entre ces deux normes, ISO 9612 et CSA Z107.56-13, est la prise en compte des incertitudes lors du mesurage. Alors qu'une section est dédiée à l'évaluation des incertitudes dans la norme ISO 9612, il n'existe pas d'équivalent dans la norme CSA Z107.56-13. Ce document discute de l'utilisation des incertitudes prévues dans les normes.

1.1 Norme ISO 9612

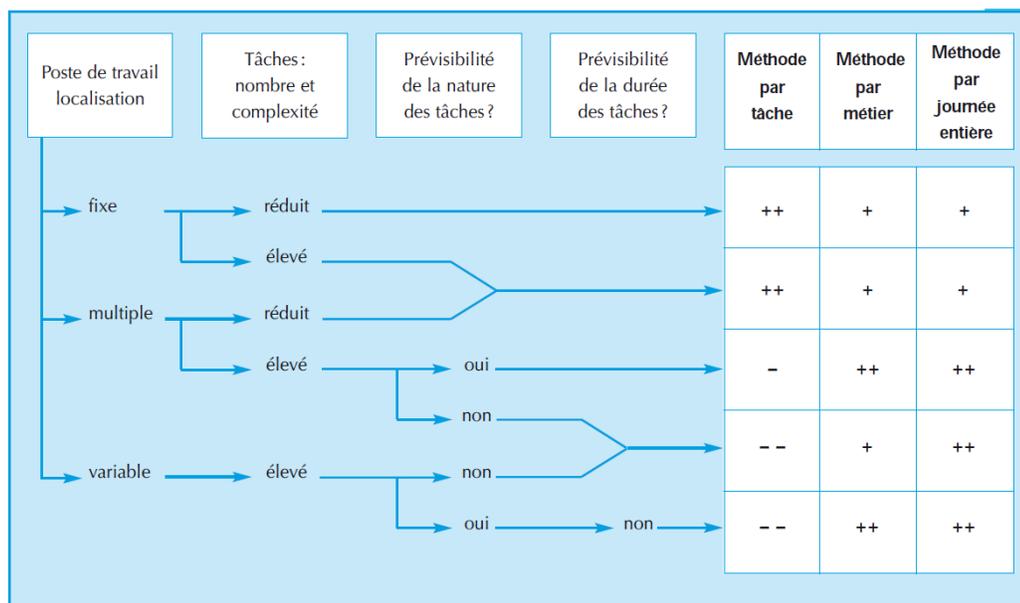
La norme ISO 9612 recommande trois stratégies de mesurage pour la détermination de l'exposition au bruit sur le lieu de travail :

- Mesurage basé sur la tâche ;
- Mesurage basé sur le métier ou la fonction ;
- Mesurage basé sur la journée entière.

La figure 1 présente un diagramme permettant de sélectionner la stratégie la mieux adaptée en fonction du poste de travail.

Figure 1. Diagramme permettant de sélectionner la stratégie de mesurage selon la norme ISO 9612.

De « *Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit*, », par L. Thiéry, P. Canetto, 2009, p. 41. ©INRS, 2009. Reproduit avec permission.



Les sources d'incertitude prises en compte dans la détermination de l'incertitude élargie relative au niveau de pression acoustique continu équivalents pondérés A ou au niveau d'exposition au bruit rapporté à une journée de travail de 8 h listées dans la norme ISO 9612 sont présentées au tableau 1. Lorsqu'une mesure est basée sur la tâche, il faut prendre en compte les incertitudes sur l'échantillonnage des niveaux de bruit, la durée des tâches, l'instrument et la position du microphone. Lorsqu'une mesure est basée sur le métier (fonction) ou sur la journée entière, l'incertitude sur la durée de la tâche n'est pas prise en compte.

Tableau 1. Sources d'incertitude selon la norme ISO 9612.

Source d'incertitude	Application
Échantillonnage des niveaux de bruit	Toutes les stratégies
Estimation de la durée des tâches	Mesurage basé sur la tâche
Instruments	Toutes les stratégies
Position du microphone	Toutes les stratégies

L'incertitude élargie U , à savoir la quantité qu'il faut ajouter au niveau d'exposition quotidienne pour fin de comparaison avec la VLE, est donnée par le produit entre le facteur d'élargissement k et l'incertitude type composée u

$$U = ku. \quad \text{Eq. 1}$$

Dans la norme ISO 9612, l'intervalle de confiance est de 95 % unilatéral, c'est-à-dire $k = 1,65$, cela signifie que 95 % des valeurs sont inférieures à $[L_{EX,8h}+U]$. Comme la norme stipule qu'aucune erreur systématique n'est présente dans le résultat final quand l'évaluation des incertitudes est appliquée, il en découle que le résultat qui doit être comparé à la VLE est $[L_{EX,8h}+U]$.

La comparaison à la VLE doit s'effectuer en considérant comme résultat du mesurage la valeur estimée par $[L_{EX,8h}+U]$

Avant de discuter les dépassements potentiels des valeurs limites d'exposition, les incertitudes types sont présentées.

L'incertitude type composée, u , est donnée par la somme des incertitudes individuelles

$$u^2 = \sum_{i=1}^{i=I} c_i^2 u_i^2, \quad \text{Eq. 2}$$

avec u_i , l'incertitude type et c_i le coefficient de sensibilité. Le tableau 2 récapitule les incertitudes types données dans la norme ISO 9612.

Tableau 2. Incertitudes types données dans la norme ISO 9612

	Tâche	Fonction/Journée entière
Niveau d'exposition au bruit pondéré A	$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}^*} \right]$	$L_{EX,8h} = 10 \log \frac{T_e}{T_0} \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}^*} \right]$
Incertitude type composée	$u^2(L_{EX,8h}) = \sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right]$	$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$
Incertitude type niveau de bruit	$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]}$	$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right]}$
Incertitude type durée de la tâche	$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]}$	N/A
Incertitude type instrument	$u_2 = 0,7 \text{ dB - Classe 1}$ $u_2 = 1,5 \text{ dB - Classe 2}$	
Incertitude-type position microphone	$u_3 = 1 \text{ dB}$	

Alors que les incertitudes types pour le niveau de bruit et sur la durée de la tâche sont issues de calcul, les incertitudes types pour l'instrument et la position du microphone sont constantes et respectivement égales à 0,7 dB et 1,5 dB pour des instruments de classe 1 et 2 et 1 dB pour la position du microphone. Par conséquent, l'incertitude élargie U ne peut être inférieure à certaines valeurs.

La figure 2 présente les valeurs minimales d'incertitudes élargies pour des mesurages basés sur la tâche et sur la fonction (ou journée entière) selon de la classe de l'instrument utilisé. Lorsqu'un instrument de classe 2 est utilisé, les incertitudes élargies minimales sont $U = 1,9$ dBA et $U = 3$ dBA pour un mesurage basé sur la tâche et sur la fonction respectivement. L'utilisation d'instrument de classe 1 permet de réduire ces valeurs à $U = 1,3$ dBA et $U = 2$ dBA. Ainsi, si la valeur de l'incertitude élargie est très supérieure aux valeurs données à la figure 2, il faut essayer de réduire l'incertitude type, sur le niveau de bruit en augmentant le nombre de mesures, ou sur la durée de la tâche.

Figure 2. Valeurs minimales des incertitudes.

De « Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit, », par L. Thiéry, P. Canetto, 2009, p. 52. ©INRS, 2009. Reproduit avec permission.

Stratégie de mesurage	Appareillage	
	Exposimètre ou sonomètre intégrateur de classe 2	Sonomètre intégrateur de classe 1
Par tâche	$U \geq 1,9^* \text{ dB(A)}$	$U \geq 1,3^* \text{ dB(A)}$
Par métier ou journée entière	$U \geq 3,0 \text{ dB(A)}$	$U \geq 2,0 \text{ dB(A)}$

* En cas de mesurage par tâche, la valeur minimale de U dépend du nombre de tâches, de leurs niveaux de bruit et durées respectives (ici, trois tâches ont été considérées, de même durée et avec des niveaux de bruit différents de 3 dB).

Un exemple de mesurage basé sur la tâche, effectué avec un instrument de classe 1, est fourni à la figure 3. Les résultats sont colligés dans la calculette fournie par l'INRS effectuant les calculs de la norme ISO 9612. Trois tâches sont considérées dans cet exemple, à savoir chargement, réglages et contrôles. Le niveau d'exposition obtenu est de $L_{EX,8h}=88,2 \text{ dBA}$ et l'incertitude élargie est de $U=2,5 \text{ dBA}$, ce qui est supérieur à la valeur fournie à la figure 2 ($U=1,3 \text{ dBA}$). Il serait par conséquent possible de réduire l'incertitude élargie en analysant les différentes contributions à l'incertitude. La somme par tâche des contributions à l'incertitude est donnée sur la dernière ligne du tableau Résultats (Figure 3). Alors que les tâches 2 et 3 ont des valeurs quasi nulles, la tâche 1 a une contribution de $u^2=2,13$ (par rapport à l'incertitude élargie de $U=2,5 \text{ dBA}$). C'est donc sur cette tâche qu'il faut travailler en priorité. Les incertitudes types pour l'instrument de mesure et la position du microphone sont constantes, par conséquent, il faut regarder les contributions à l'incertitude du niveau de bruit et de la durée de la tâche. L'incertitude sur le niveau de bruit est de $(c_{1a,m} u_{1a,m})^2=1,02$ alors que celle de la durée est de $(c_{1b,m} u_{1b,m})^2=0,22$. Par conséquent, il serait préférable si possible de réduire l'incertitude sur le niveau de bruit.

Un autre exemple est fourni à la figure 4, dans ce cas il s'agit d'un mesurage basé sur la fonction avec un instrument de classe 2. La calculette de l'INRS indique un niveau d'exposition de $L_{EX,8h}=83,6 \text{ dBA}$ et une incertitude élargie de $U=3,5 \text{ dBA}$. Les sources d'incertitudes sont le niveau de bruit $(c_1 u_1)^2=1,13$, l'instrument $(u_2)^2=2,25$ et la position du microphone $(u_3)^2=1$ ce qui donne une somme de $u^2=4,38$ (ne pas confondre avec l'incertitude élargie U). Dans ce cas, c'est l'instrument de mesure qui contribue le plus à l'incertitude élargie. Pour réduire cette valeur, il serait préférable d'utiliser un instrument de classe 1.

Figure 3. Calculette fournie par l'INRS dans le cas d'un mesurage basé sur la tâche.
 De « Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit », par L. Thiéry, P. Canetto, 2009, p. 58. ©INRS, 2009. Reproduit avec permission.

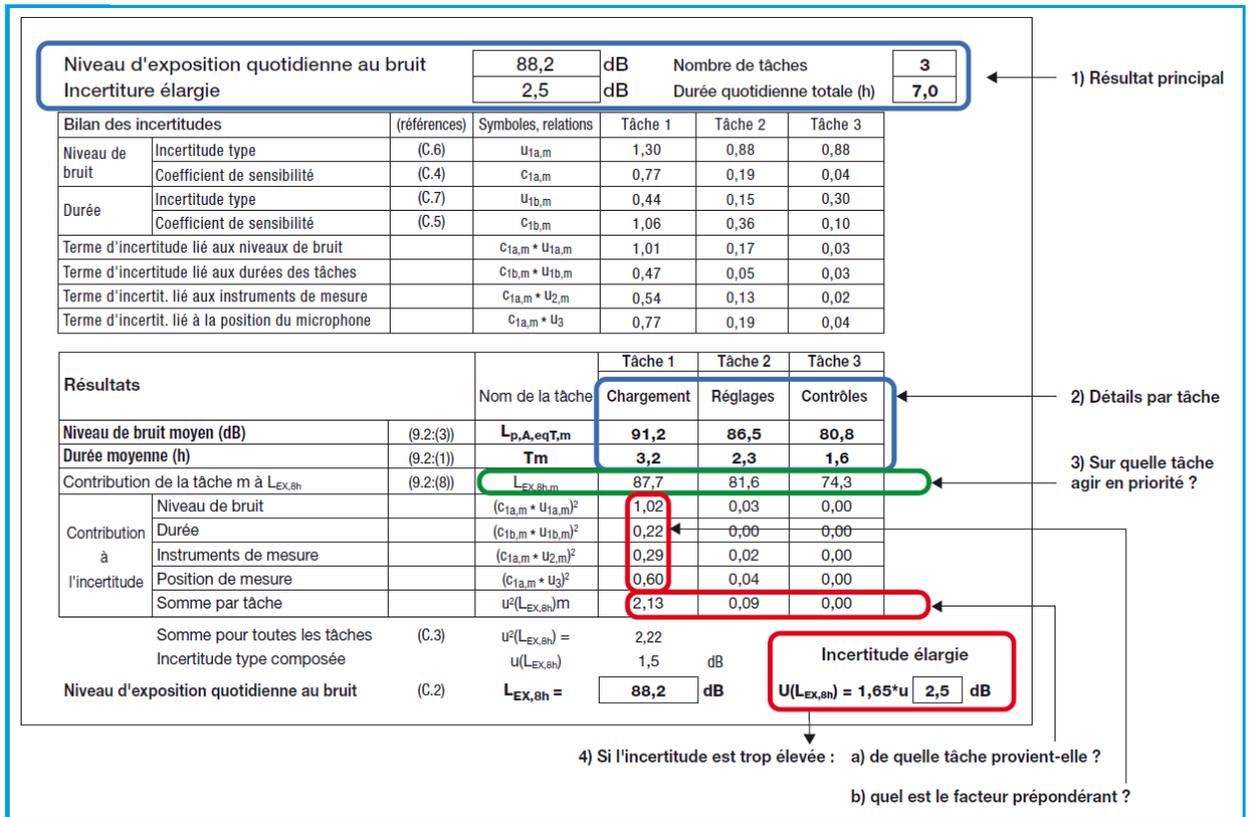
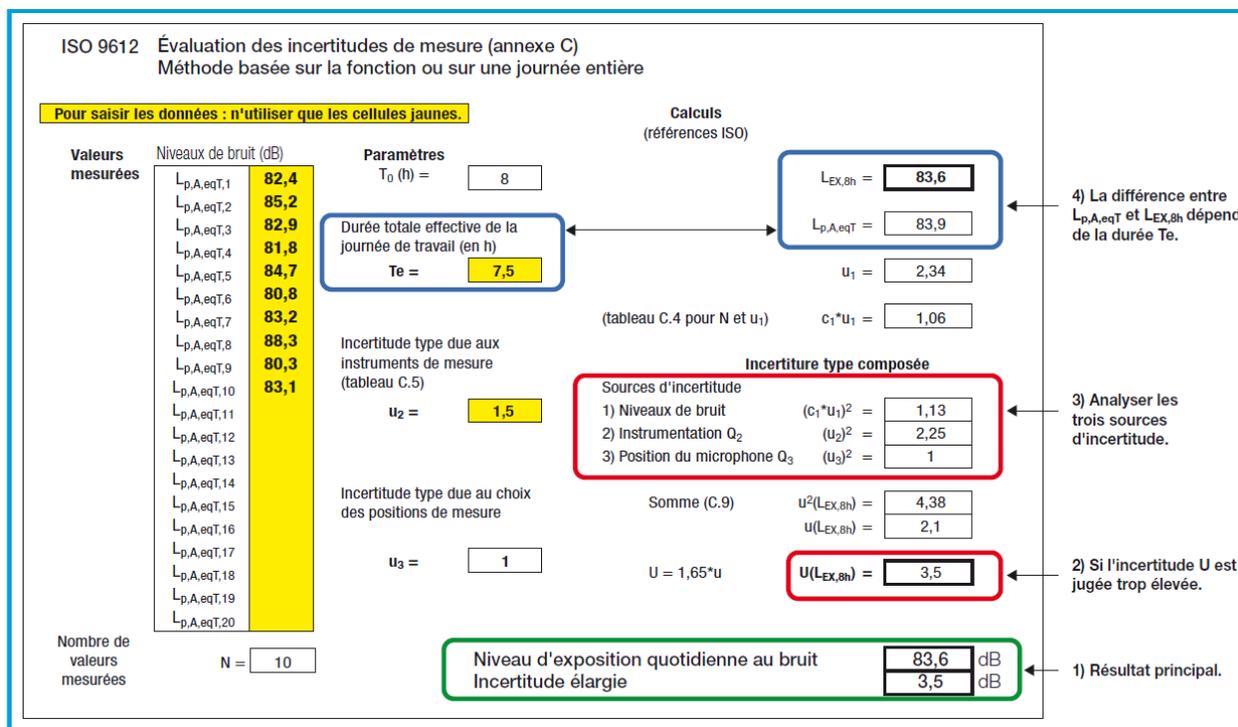


Figure 4. Calculette fournie par l'INRS dans le cas d'un mesurage basé sur la journée entière.

De « *Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit* », par L. Thiéry, P. Canetto, 2009, p. 60. ©INRS, 2009. Reproduit avec permission.



1.2 Norme CSA Z107.56-13

La norme CSA Z107.56-13 n'a pas de section dédiée aux calculs d'incertitudes. Seule une annexe informative (facultative) concerne la précision de la mesure pour l'exposition au bruit de groupes. Quelques informations sont données dans les différents articles et sont résumées ici :

- Article 4.3 : le point 8) dit qu'il existe une différence systématique allant jusqu'à 2 dB entre les mesures obtenues à l'aide de dosimètres et de sonomètre intégrateurs.
- Article 6.4.2.1 : Quand on utilise un dosimètre, d'autres mesures doivent être prises jusqu'à ce que l'écart type de l'ensemble des mesures soit inférieur à 3 dB.
- Article 6.5.1 : La durée de l'activité doit être évaluée avec une précision d'au moins 25 %. Cela correspond à une incertitude d'environ 1 dB sur le niveau Leq,t calculé.
- Article 6.5.2 : La durée de mesure doit s'étendre sur toute l'activité, sur une partie de cette activité ou sur plusieurs répétitions de l'activité, suivant les besoins pour obtenir une lecture constante à $\pm 0,5$ dB.
- Article 6.5.3.1 : Quand on utilise un sonomètre intégrateur, d'autres mesures doivent être prises jusqu'à ce que l'écart type de toutes les mesures soit inférieur à 2 dB.

- Article 6.6.3.1 : Quand on utilise un sonomètre, d'autres mesures doivent être prises jusqu'à ce que l'écart type de toutes les mesures soit inférieur à 2 dB.
- Article 9.2 : La moyenne et l'écart type des expositions au bruit de groupe sont décrits dans l'annexe B.

En considérant les informations issues de la norme CSA Z107.56-13, pour le dosimètre par exemple, on retrouve le même type d'incertitude que dans la norme ISO 9612, à savoir, sur le niveau de bruit (écart type inférieur à 3 dB), la durée de l'activité (incertitude de 1 dB) et la durée de la mesure ($\pm 0,5$ dB). L'incertitude sur la position du microphone et celle sur la classe de l'instrument ne sont pas mentionnées, mais une différence de 2 dB est considérée entre un dosimètre et un sonomètre intégrateur.

2. DISCUSSION

Le nouveau décret stipule que le mesurage doit être effectué en suivant les recommandations de la norme ISO 9612 ou de la norme CSA Z107.56-13. Ces deux normes présentent une différence notable sur la prise en compte des incertitudes. Alors que la norme CSA Z107.56-13 donne des lignes directrices sur la précision ou les incertitudes lors du mesurage, la norme ISO 9612 définit les calculs d'incertitude en fonction du type de mesurage choisi. Une calculatrice développée par l'INRS permet de faire simplement ces calculs. La prise en compte des incertitudes ne devrait pas avoir pour but d'alourdir le mesurage, mais plutôt de permettre une évaluation précise du niveau d'exposition quotidienne afin de protéger adéquatement les travailleurs et travailleuses. C'est pourquoi nos recommandations en fonction du niveau d'exposition quotidienne sont les suivantes :

- Si le niveau d'exposition quotidienne est strictement inférieur à 80 dBA, $L_{ex,8 h} < 80$ dBA, il ne semblerait pas nécessaire de calculer les incertitudes selon la norme ISO 9612, car celles-ci pourraient être réduites à 2 ou 3 dBA avec des instruments de mesure de classe 1 ou 2 respectivement, donc peu probable d'avoir un dépassement de la VLE.
- Si le niveau d'exposition est compris entre 80 et 85 dBA, $80 \text{ dBA} \leq L_{ex,8 h} < 85$ dBA, il est conseillé de calculer les incertitudes de mesure selon la norme ISO 9612, pour ensuite comparer la VLE avec $L_{ex,8 h} + U$. L'utilisation d'un sonomètre classe 1 est recommandée pour minimiser l'incertitude sur le type d'instrument.
- Si le niveau d'exposition dépasse les 85 dBA, $L_{ex,8 h} \geq 85$ dBA, il n'est pas nécessaire de calculer l'incertitude élargie, car celui est déjà au-dessus de la VLE.

Le règlement fait actuellement référence à deux normes dont les dates de publications sont 2009 pour la ISO 9612 et 2014 pour la CSA Z107.56-13. Cependant, ces normes évoluent, la CSA Z107.56-13 a été mise à jour deux fois en 2018 et 2022, avec notamment des modifications visant une meilleure harmonisation avec la ISO 9612 (par exemple l'ajout des nouveaux tableaux B.1 et B.2 permet d'aligner les méthodes actuelles de calcul de l'incertitude sur celles d'ISO 9612). La norme ISO 9612 vient d'entrer dans le cycle de publication et une nouvelle version devrait paraître prochainement en 2024. L'incertitude pour la mesure de pression acoustique de crête devrait être prise en compte dans cette future version. Ainsi, le RSST et le CSTC devraient être modifiés pour refléter la mise à jour de ces normes. Les incertitudes types pour la classe de l'instrument et la position du microphone sont constantes dans la norme ISO 9612 et la norme CSA Z107.56-13 considère une différence systématique allant jusqu'à 2 dB entre un sonomètre intégrateur et un dosimètre. Ces valeurs constantes augmentent la valeur de l'incertitude. Des travaux de recherche sur une meilleure prise en compte de ces incertitudes types permettraient une estimation plus précise de l'incertitude élargie et potentiellement une harmonisation des normes.