

Evaluation de l'exposition au bruit en maintenance aéronautique : mise en œuvre de la nouvelle norme de dosimétrie de bruit

Michel KLERLEIN, Isabelle LE GAL, Véronique LE FLOCH
Air France Direction de la Maintenance - BP 12253 - 95704 ROISSY CDG Cedex

OBJECTIFS

- Déterminer les niveaux sonores quotidiens des principaux métiers de la maintenance aéronautique selon la nouvelle norme de dosimétrie individuelle de bruit.
- Evaluer l'impact du nouveau mode de calcul sur les niveaux sonores relevés, et les conséquences sur le classement des salariés au regard de la directive 2003/10/CE prochainement transposée en droit français.

MÉTHODES

LES DOSIMÉTRIES INDIVIDUELLES DE BRUIT

- Mesurage de la dose de bruit reçue au niveau de l'oreille des opérateurs au moyen d'un dosimètre de bruit Brüel et Kjaer type 4443.
- Installation de l'appareil en début de vacation par l'infirmière du travail, qui positionne le micro à proximité du conduit auditif du salarié.
- Contrôle du calibrage avant et après la mesure au moyen du calibrateur Brüel et Kjaer type 4231.
- Echantillonnage sonore effectué sur 1 minute, pour la totalité de la vacation travaillée.
- Remise au salarié d'une fiche de relevé d'activité à remplir au fil de la vacation.

EXPLOITATION DES DONNÉES

- Au retour de l'appareil, l'enregistrement est déchargé au moyen du logiciel Protector 7825, permettant d'obtenir la courbe temporelle de niveau sonore (L_{Aeq} et L_{pc} par mn).
- Les activités effectuées par les salariés sont reportées dans le logiciel, et les périodes de pause sont exclues de la mesure.
- Le niveau sonore continu équivalent global de chaque mesure (L_{Aeq}) ainsi que le niveau maximal de pression de crête (L_{pc}) sont recueillis dans la feuille de calcul Excel « NF S 31084 » fournie par l'INRS, et permettant le calcul des niveaux d'exposition sonore selon la norme NF S 31084.

SIGNIFICATION DES TERMES DES ÉQUATIONS

- L_{Aeq,T}: niveau sonore continu équivalent en dB(A) de la période de temps T
- T_e: temps de travail effectif quotidien pour le GEH
- T₀: temps de travail quotidien de référence (8h)
- L_{moy}: Moyenne arithmétique des L_{Aeq,T} mesurés
- S_L: Ecart type des valeurs mesurées L_{Aeq,T}
- U₁: Incertitude élargie due à l'échantillonnage
- U₂: Incertitude élargie due à l'appareillage de mesure
- U: Incertitude globale
- L_{Aeq,T_e}: Evaluation du niveau acoustique continu équivalent du GEH
- LEX,8h: Niveau d'exposition quotidienne du GEH, rapportée à 8h de travail

$$L_{Aeq,T_e}^* = L_{moy} + 0,115.S_L^2 + \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

$$Lex_{8h} = L_{Aeq,T_e}^* + 10 \cdot \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right)$$

LES GEH EN MAINTENANCE AÉRONAUTIQUE

- L'activité de maintenance aéronautique fait appel à divers métiers, dont les activités sont fort différentes entre elles.
- Ces métiers ont toutefois comme caractéristiques communes de s'exercer 24 h sur 24, d'être soumis aux aléas de l'exploitation aérienne, et de se dérouler dans un environnement sonore très fluctuant.
- Les salariés travaillant sur les 3 types horaires (matin – soir – nuit) il était nécessaire d'intégrer cette source de variabilité de l'exposition sonore dans les mesures.
- Les résultats présentés dans ce travail concernent les métiers de mécaniciens aéronautiques, en séparant l'activité hangar et piste, le poste de tractiste (conduite des tracteurs permettant le déplacement des avions lorsque leurs moteurs ne sont pas en route, en particulier pour le transfert des avions entre l'aéroport et les hangars de maintenance), et les métiers de support logistique exercés en 3x8. Sur la base de l'analyse du travail, le service de santé au travail a considéré que chacun de ces métiers représentait un GEH.
- Ces GEH ont été constitués selon l'approche par fonction que propose la norme, en intégrant pour chaque fonction des mesures effectuées durant les différents types horaires.

RÉSULTATS

DURÉE ET REPRÉSENTATIVITÉ DES MESURES

- La norme prévoit une valeur minimale de la durée cumulée des mesures pour chaque GEH, fonction de l'effectif du GEH.
- Les durées cumulées des mesures respectent les limites imposées par la norme.
- Les durées moyennes de mesure sont élevées, proches de la limite de 90 % de la durée habituelle de la vacation que demande la norme lorsque l'approche est exhaustive (plutôt que par GEH et par fonction).

GEH	MOYENNE (intervalle de confiance à 95 %)	COMPARAISON À 90 % DE LA DURÉE DE TRAVAIL	SIGNIFICATIVITÉ DU TEST t de Student
MÉCANICIEN PISTE	370 [352-390]	<	p = 0,008
MÉCANICIEN HANGAR	313 [290-336]	<	p < 10 ⁻⁴
SUPPORT LOGISTIQUE	421 [406-436]	>	p = 0,002
TRACTISTE	370 [337-402]	=	p = 0,099

GEH	Nbre mesures	Lex,d en dB(A)	Moyenne arithmétique Lex,d	Incertitude d'échantillonnage U1 en dB(A)	Ancienne norme (moyenne géométrique)
MÉCANICIEN HANGAR	51	87,9	83,6	1,5	82,3
MÉCANICIEN PISTE	34	95,2	84	4,5	82,9
SUPPORT LOGISTIQUE	41	87,9	76,1	5,4	75,7
TRACTISTE	21	91,9	86,1	2,5	86,0

MÉCANICIEN HANGAR

Fiche Mesure

Évaluation de l'exposition sonore d'un Groupe d'Exposition Homogène défini par fonction

FONCTION	Maintenance CDG	GEH	Mécanicien Hangar
Nombre de membres du GEH	1000		
T _e (Durée totale effective de la journée de travail)	441 min		
Durée cumulée de mesure	204 h		
N (Nombre de mesures effectuées)	21		
Durée de chaque mesure	5,9 h		
Classe de précision de l'appareillage (1 ou 2)	Classe 2		

Résultats:

- L_{Aeq}: Moyenne arithmétique des L_{Aeq,T} mesurés = 83,6 dB(A)
- S_L: Écart type des valeurs mesurées L_{Aeq,T} = 4,7 dB(A)
- U₁: Incertitude élargie due à l'échantillonnage = 1,5 dB(A)
- U₂: Incertitude élargie due à l'appareillage de mesure = 1,5 dB(A)
- U: Incertitude globale = 2,1 dB(A)
- L_{Aeq,T_e}: Evaluation du niveau acoustique continu équivalent du GEH = 88,3 dB(A)
- LEX,8h: Niveau d'exposition quotidienne du GEH = 87,9 dB(A)
- L_{pc}: Niveau de pression acoustique de crête = 135 dB(C)
- nombre de dépassement de seuil = 10

MÉCANICIEN PISTE

Fiche Mesure

Évaluation de l'exposition sonore d'un Groupe d'Exposition Homogène défini par fonction

FONCTION	Maintenance CDG	GEH	Mécanicien Piste
Nombre de membres du GEH	300		
T _e (Durée totale effective de la journée de travail)	441 min		
Durée cumulée de mesure	210 h		
N (Nombre de mesures effectuées)	24		
Durée de chaque mesure	8,8 h		
Classe de précision de l'appareillage (1 ou 2)	Classe 2		

Résultats:

- L_{Aeq}: Moyenne arithmétique des L_{Aeq,T} mesurés = 84,0 dB(A)
- S_L: Écart type des valeurs mesurées L_{Aeq,T} = 7,7 dB(A)
- U₁: Incertitude élargie due à l'échantillonnage = 4,5 dB(A)
- U₂: Incertitude élargie due à l'appareillage de mesure = 1,5 dB(A)
- U: Incertitude globale = 4,7 dB(A)
- L_{Aeq,T_e}: Evaluation du niveau acoustique continu équivalent du GEH = 91,2 dB(A)
- LEX,8h: Niveau d'exposition quotidienne du GEH = 91,2 dB(A)
- L_{pc}: Niveau de pression acoustique de crête = 135 dB(C)
- nombre de dépassement de seuil = 20

TRACTISTE

Fiche Mesure

Évaluation de l'exposition sonore d'un Groupe d'Exposition Homogène défini par fonction

FONCTION	Maintenance CDG	GEH	Tractistes avion
Nombre de membres du GEH	300		
T _e (Durée totale effective de la journée de travail)	441 min		
Durée cumulée de mesure	121 h		
N (Nombre de mesures effectuées)	21		
Durée de chaque mesure	5,8 h		
Classe de précision de l'appareillage (1 ou 2)	Classe 2		

Résultats:

- L_{Aeq}: Moyenne arithmétique des L_{Aeq,T} mesurés = 86,1 dB(A)
- S_L: Écart type des valeurs mesurées L_{Aeq,T} = 4,4 dB(A)
- U₁: Incertitude élargie due à l'échantillonnage = 2,5 dB(A)
- U₂: Incertitude élargie due à l'appareillage de mesure = 1,5 dB(A)
- U: Incertitude globale = 2,9 dB(A)
- L_{Aeq,T_e}: Evaluation du niveau acoustique continu équivalent du GEH = 91,2 dB(A)
- LEX,8h: Niveau d'exposition quotidienne du GEH = 91,2 dB(A)
- L_{pc}: Niveau de pression acoustique de crête = 140 dB(C)
- nombre de dépassement de seuil = 13

SUPPORT LOGISTIQUE

Fiche Mesure

Évaluation de l'exposition sonore d'un Groupe d'Exposition Homogène défini par fonction

FONCTION	Maintenance CDG	GEH	Logisticien Hangar (planing + préparation)
Nombre de membres du GEH	300		
T _e (Durée totale effective de la journée de travail)	441 min		
Durée cumulée de mesure	102 h		
N (Nombre de mesures effectuées)	21		
Durée de chaque mesure	4,9 h		
Classe de précision de l'appareillage (1 ou 2)	Classe 2		

Résultats:

- L_{Aeq}: Moyenne arithmétique des L_{Aeq,T} mesurés = 76,1 dB(A)
- S_L: Écart type des valeurs mesurées L_{Aeq,T} = 7,6 dB(A)
- U₁: Incertitude élargie due à l'échantillonnage = 5,4 dB(A)
- U₂: Incertitude élargie due à l'appareillage de mesure = 1,5 dB(A)
- U: Incertitude globale = 5,6 dB(A)
- L_{Aeq,T_e}: Evaluation du niveau acoustique continu équivalent du GEH = 83,9 dB(A)
- LEX,8h: Niveau d'exposition quotidienne du GEH = 83,9 dB(A)
- L_{pc}: Niveau de pression acoustique de crête = 135 dB(C)
- nombre de dépassement de seuil = 11

Les statistiques concernant les durées de mesure sont réalisées au moyen du logiciel Minitab.

ANALYSES

LA NORME DE MESURAGE DU BRUIT

- Les difficultés posées par l'absence de représentativité de dosimétries de bruit occasionnelles et isolées ont conduit les organismes spécialisés à modifier la norme de mesurage du bruit par exosimétries individuelles en 2003.
- Le principe de la modification repose sur la création de groupes d'exposition homogène quant à l'exposition au bruit, et sur l'addition à la valeur moyenne arithmétique d'un terme représentant les incertitudes liées à l'échantillonnage et à la mesure.
- Une analyse préalable du travail est donc nécessaire pour constituer des groupes d'exposition homogènes (GEH), et pour réaliser un plan d'échantillonnage respectant une durée cumulée d'enregistrement variant avec l'effectif que couvre le GEH.
- Les équations utilisées dans la norme et mise en œuvre pour ce travail sont présentées ci-contre.

DISCUSSION

- Les niveaux sonores déterminés selon la nouvelle norme montrent pour tous les GEH des valeurs qui dépassent les limites inférieures et supérieures déclenchant l'action, au sens de la directive européenne 2003/10/CE prochainement transposée en droit français (respectivement 80 et 85 dB(A)).
- Ces valeurs données par la norme dépassent de 4 à 11 dB(A) les moyennes arithmétiques ou géométriques des mesures, indiquant une variabilité importante des doses quotidiennes de bruit au sein des GEH, tout en respectant le critère d'homogénéité exigé par la norme (incertitude d'échantillonnage U₁ < 6dB(A)).
- Les résultats fournis par la norme pour les GEH mécaniciens et tractistes sont caractérisés par un écart parfois considérable avec les moyennes arithmétiques ou géométriques des niveaux sonores. Pour mieux comprendre ces valeurs que donne la nouvelle norme de mesurage, il est préférable de les comprendre comme représentant des valeurs supérieures d'un intervalle de confiance qui ne sont susceptibles d'être dépassées que dans 5 % des

vacations travaillées au cours de l'année. L'importance de ces valeurs a conduit l'entreprise à intensifier la démarche de protection individuelle contre le bruit (plus adaptée à la prévention dans le contexte) en dotant massivement les professions exerçant en piste de bouchons individuels personnalisés, moulés à la forme du conduit auditif du salarié.

Dans le cas particulier du GEH « support logistique », la valeur proposée par la norme est peu réaliste, et le jugement professionnel du médecin du travail doit atténuer la portée du terme représentant l'incertitude d'échantillonnage. L'importance de cette valeur d'incertitude représente la variabilité des niveaux sonores dans les bureaux logistiques situés dans les hangars, au gré de l'activité de maintenance qui est exercée 24 h sur 24. Les moyennes de niveaux sonores relevés ne sont pas préoccupantes en terme de conservation de l'audition, mais posent le problème du confort de l'environnement sonore pour un travail de nature intellectuelle.

CONCLUSIONS

- Cette étude a permis la mise à jour de l'évaluation du risque lié aux expositions sonores en maintenance aéronautique.
- Les valeurs fournies par la nouvelle norme de dosimétrie de bruit majoraient de 4 à 11 dB(A) les valeurs précédemment retenues dans ce type de fonctions, témoignant d'une grande variabilité de l'exposition au bruit au sein des groupes homogènes d'exposition.
- Pour les métiers exercés en piste, ces résultats ont favorisé la prise de conscience du danger représenté par l'exposition au bruit, et ont conduit l'employeur à intensifier la protection individuelle.
- Dans certains cas, la fluctuation des niveaux sonores relevés par dosimétrie conduit en utilisant la norme rénovée à établir des niveaux d'exposition exagérément élevés. On peut s'interroger sur la pertinence de cette norme dans de telles situations, et il importait d'assortir les chiffres fournis par la norme du jugement professionnel du métrologue.