

Les protecteurs individuels contre le bruit (PICB) : performances, choix, utilisation

A. Damongeot,
Centre de recherche de l'INRS,
Avenue de Bourgogne,
54501 Vandœuvre les Nancy Cedex,
Tél. : 03 83 50 20 55,
Fax : 03 83 50 21 85

La réglementation française sur la protection des travailleurs contre le bruit, accorde la priorité à la réduction du bruit à la source ou dans sa propagation, le recours à la protection individuelle ne devant constituer qu'un palliatif. Pourtant, il est des cas où l'usage d'un protecteur individuel contre le bruit s'impose. Son choix d'un PICB ne doit alors pas être laissé au hasard ou fondé sur des considérations superficielles.

Cet article présente les différents types de protecteurs individuels contre le bruit (PICB), leur domaine d'utilisation, la caractérisation de leurs performances acoustiques et d'autres facteurs tels que le confort. Il fait le point sur les possibilités offertes par les différents types de protecteurs existants et dégage les critères de choix d'un PICB bien adapté et bien supporté. Il aborde enfin les questions qui restent en suspens et les solutions envisagées.

Les types de protecteurs

Devant la grande diversité des appareils existants sur le marché, il s'avère nécessaire de tenter un classement de ceux-ci selon certains traits communs. Un tel classement peut être établi selon leur mode de port d'une part ou selon leur mode de fonctionnement d'autre part (Damongeot et Pfeiffer, 1990) [1].

Classification selon le mode de port

Les PICB ont en commun, dans leur fonction fondamentale, de s'opposer à la propagation des sons provenant de l'environnement vers le tympan du porteur. Ce résultat est obtenu de différentes manières.

Les casques enveloppants

Ils recouvrent une partie substantielle de la tête ; ils comportent des coquilles munies d'oreillettes, qui viennent s'appliquer sur la périphérie de l'oreille. Ils sont essentiellement utilisés dans certaines applications aéronautiques et le plus souvent militaires (avions, chars, hélicoptères) ; à ce titre, ils n'ont été pris en considération à ce jour, ni par la réglementation, ni par les normes civiles. Ils sont pourtant capables d'assurer un bon affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs ainsi qu'une

certaine protection contre les chocs. Ils sont souvent équipés de microphones permettant une communication verbale avec d'autres correspondants.

Les serre-tête

Ils sont composés de coquilles, munies elles aussi d'oreillettes qui s'appliquent sur la périphérie de l'oreille. Les coquilles sont reliées par un arceau passant au-dessus de la tête, qui assure leur maintien par pression (d'où leur nom).

Ils sont recommandés pour un port intermittent : intervention de courte durée dans une zone bruyante, protection pendant une opération bruyante, etc, car ils sont faciles à mettre en place et à retirer. Il est déconseillé de les porter sur toute une journée de travail en raison d'une part du manque de confort dû à la pression qu'ils exercent sur le pourtour de l'oreille, et d'autre part à l'élévation de la température à l'intérieur des coquilles.

Les serre-nuque

Ils sont similaires aux serre-tête, mais l'arceau se place derrière la nuque au lieu de s'appuyer sur le sommet de la tête.

Ils sont utilisables dans les mêmes conditions que les serre-tête. Lorsque l'utilisateur est soumis à de fortes vibrations ou secousses (emploi d'un marteau piqueur par exemple), le modèle retenu devra comporter, outre la bande de nuque, une lanière souple s'appuyant sur le dessus de la tête, pour assurer son maintien en position. Certains de ces appareils sont compatibles avec un casque de protection antichoc.

Les serre-tête montés sur casque

Ils sont composés de coquilles fixées à un casque de sécurité industriel par l'intermédiaire d'un dispositif mécanique qui permet soit de les appliquer sur le pourtour de l'oreille soit, si nécessaire, de les retirer dans une position "d'attente".

Ils trouvent leur application lorsque le port du casque de protection antichoc est requis et que les usagers sont en outre soumis à des bruits intermittents. Ces appareils permettent de limiter le port de la protection et la gêne qui résulte de la pression des coquilles aux seules phases bruyantes. Ils sont essentiellement utilisés par les bûcherons et par les travailleurs sur chantiers.

Les bouchons d'oreilles

Introduits dans le conduit auditif et/ou dans la conque de l'oreille, ils en obturent l'entrée.

Ils sont conseillés dans le cas d'un port continu, surtout en ambiance chaude et humide ; contrairement à une croyance très répandue, les bons bouchons d'oreille sont aussi efficaces que les bons serre-tête (cf. Kusy, 1991 [2]). Ils sont également compatibles avec la plupart des autres protecteurs, tels que lunettes, masque de soudage, cagoules de sablage, appareils respiratoires... quoique déconseillés avec l'usage des gants (car alors difficiles à manipuler). Enfin, leur encombrement réduit et leur faible masse les rend préférables lorsque des accès par des passages étroits sont nécessaires (échelles à crinoline, "trous d'homme") ou pour un travail physique intense.

L'emploi des bouchons d'oreille est toutefois à proscrire dans le cas d'affections du conduit auditif ou lorsque les précautions d'hygiène requises ne peuvent être assurées, par exemple dans le cas d'un environnement hostile (poussières, vapeurs...) ne permettant pas une manipulation avec des mains propres et un stockage correct des bouchons réutilisables.

- les bouchons d'oreilles prémodelés (prémoulded ear-plugs) peuvent être introduits dans le conduit auditif sans façonnage préalable. Ils sont généralement fabriqués en silicone, caoutchouc ou une autre matière souple, souvent disponibles en plusieurs tailles.

- les bouchons d'oreille façonnés par l'utilisateur (user formable ear-plugs) sont fabriqués dans des matériaux comprimables ou malaxables par l'utilisateur avant de les introduire dans le conduit auditif. À usage unique ou à réutilisation limitée, ils doivent donc être manipulés et stockés dans des conditions d'hygiène rigoureuse. Leur efficacité et leur confort sont en général assez bons du fait d'une bonne adaptation du matériau au conduit auditif.

- les bouchons d'oreilles réalisés sur mesure (custom-moulded ear-plugs), ils sont généralement fabriqués en matière plastique moulée, acrylique ou silicone. Ils sont obtenus à partir d'un moulage du conduit auditif et/ou de la conque du porteur et sont de ce fait individualisés. Ils connaissent actuellement un grand succès commercial. Ce succès peut s'expliquer par un bon confort de ces appareils et aussi par le fait qu'ils sont personnalisés. Leur efficacité, quant à elle, dépend du soin apporté à la prise d'empreinte ainsi qu'à la confection et à la finition du bouchon. En effet, la présence de fuites acoustiques fait très rapidement chuter les performances.

- les bouchons d'oreille réunis par une bande (banded ear-plugs) sont des bouchons prémoulés réunis par une bande élastique. Ils peuvent être soit insérés, soit appliqués à l'entrée du conduit auditif. Ils sont surtout utilisés pour un port intermittent en ambiance moyennement bruyante. En effet, leurs performances acoustiques sont souvent limitées et certains d'entre eux exercent une surpression à l'entrée du conduit auditif, rendant leur port rapidement inconfortable.

Classification selon le mode de fonctionnement

Les appareils passifs

Ils ne possèdent ni dispositif de restitution électro-acoustique, ni autre élément susceptible de rendre l'affaiblissement acoustique dépendant du niveau sonore extérieur.

Les appareils non-linéaires

Dits aussi à atténuation dépendante du niveau (level dependent ou encore amplitude sensitive), ou à atténuation asservie (dans le cas des appareils à restitution électroacoustique), ils présentent un affaiblissement qui augmente avec le niveau sonore ambiant. L'effet de non-linéarité peut être produit par un élément mécanique (orifice très fin ou fente étroite) laissant passer le son d'autant moins aisément que ce son devient plus intense, ou par un dispositif électroacoustique comprenant un microphone captant le son ambiant, un amplificateur non linéaire et un écouteur restituant le son ambiant avec une intensité d'autant plus faible que le niveau du son ambiant augmente (Lataye et coll., 1987 [3]).

- les dispositifs non linéaires en amplitude présentent un intérêt certain dans le cas d'ambiances comportant des bruits intermittents ou impulsifs. Ceux qui comportent des dispositifs mécaniques ne présentent en effet de non-linéarité qu'à des niveaux sonores élevés : 120 à 130 dB dans le meilleur des cas et seront surtout efficaces vis-à-vis de bruits impulsifs intenses.

- Les dispositifs de restitution électroacoustique deviennent non-linéaires dès que le niveau sonore ambiant atteint 65 à 70 dB. Convenablement conçus et réglés, ils sont aptes à restituer l'environnement sonore durant les périodes "calmes" tout en assurant une protection instantanée lors de l'apparition de phases bruyantes. Il convient de souligner que si l'ambiance est en permanence très bruyante, de tels appareils n'apportent rien de plus qu'un protecteur passif classique, car la restitution électroacoustique est alors constamment inopérante.

Les appareils actifs

Leur atténuation passive est renforcée (particulièrement aux basses fréquences) par un dispositif électroacoustique. Ils comprennent un microphone qui prélève le son résiduel parvenant sous le protecteur et un montage électronique associé à un écouteur, qui émet un son sensiblement identique, mais en opposition de phase avec le son résiduel capté sous le protecteur. Apparus depuis peu sur le marché, ils sont essentiellement utilisés dans les ambiances sonores où dominent les basses fréquences (transports aériens, chars). Leur spectre d'affaiblissement étant presque "plat", ils dégradent peu la perception de la parole ou des signaux sonores utiles. Ils sont souvent équipés, en outre, de dispositifs de transmission phonique.

Les appareils de communication

Ils permettent la transmission de messages vocaux, la réception de programmes récréatifs ou la perception de signaux d'avertissement ou utiles à l'accomplissement de la tâche. La liaison peut être filaire, radiofréquence ou infrarouge.

Le tableau 1 présente les disponibilités actuelles des différents types de PICB.

	Casques	Serre-tête Serre-nuque	Bouchons d'oreille
Passifs	x	x	x
non linéaires	x	x	0
actifs	x	x	0
communication	x	x	0

Tableau 1 : Classification des PICB

x : disponibles, 0 : probablement disponible prochainement

Choix du protecteur en fonction de l'ambiance sonore

Affaiblissement acoustique requis

Le type de protecteur le mieux adapté étant déterminé, il convient de choisir parmi les appareils de ce type celui ou ceux qui présentent un affaiblissement acoustique adéquat. Cet affaiblissement doit être suffisant pour apporter une protection de l'ouïe efficace vis-à-vis des bruits extérieurs, avec néanmoins une marge de sécurité qui prenne en compte l'efficacité réelle du protecteur, inférieure sur le terrain à celle mesurée en laboratoire (Casali et Park, 1993 [4]). Il faut toutefois éviter une surprotection qui pourrait rendre le port du protecteur plus désagréable et augmenter la sensation d'isolement du porteur.

La norme européenne NF EN 458 préconise le choix du protecteur selon le tableau 2 où L_{act} est le "niveau d'action" défini par la réglementation égale à 85 dB (A) en France.

Niveau pondéré A effectif à l'oreille : L'_A en dB	Estimation de la protection
supérieur à L_{act}	insuffisante
entre L_{act} et $L_{act}-5$	acceptable
entre $L_{act}-5$ et $L_{act}-10$	satisfaisante
entre $L_{act}-10$ et $L_{act}-15$	acceptable
inférieur à $L_{act}-15$	excessive (surprotection)

Tableau 2 : Choix de l'affaiblissement acoustique requis, selon pr EN 458

Lorsqu'un affaiblissement acoustique très important est requis et qu'aucun protecteur ne s'avère suffisamment efficace, il pourra être fait appel à une double protection : serre-tête plus bouchons d'oreille. Des informations sur les valeurs de la protection apportée par de telles combinaisons sont données par Damongeot et coll. (1990) [5].

Calcul du niveau sonore pondéré A perçu, L'_A

Le calcul du niveau sonore pondéré A, perçu sous un PICB est détaillé dans la norme NF EN 458 (s'y référer pour de plus amples informations) [6]. Quatre méthodes, de précision décroissante, sont présentées :

- La méthode par bandes d'octaves nécessite de disposer du spectre du bruit ambiant. Elle fait appel aux valeurs d'affaiblissement APV du protecteur. Le calcul consiste, pour chaque bande de fréquences du bruit ambiant, à retrancher l'affaiblissement apporté par le protecteur et à appliquer la pondération A. Le niveau global pondéré A perçu est alors obtenu par une "somme logarithmique" de ces niveaux partiels.

Efficacité acoustique des protecteurs

Seuls les protecteurs passifs bénéficient d'une procédure normalisée pour la mesure de leurs performances acoustiques. Les mesures sont subjectives, c'est-à-dire effectuées avec la participation active de sujets d'essai humains ; elles utilisent la méthode de déplacement du seuil d'audition décrite plus loin. Seules ces mesures subjectives justifient, à l'heure actuelle, l'appellation de "mesures d'affaiblissement acoustique".

Certaines mesures objectives, faites sur une tête artificielle simplifiée (appelée dispositif d'essai acoustique) sont prévues à des fins de contrôle de qualité des serre-tête, en particulier dans le cadre de la procédure de certification "CE" de type, qui sera évoquée plus loin. Ces mesures dénommées "pertes d'insertion", sont incapables de prendre en compte l'ensemble des phénomènes acoustiques intervenant sur une tête réelle, tels que la conduction osseuse et les fuites acoustiques à la périphérie de l'oreille. Elles ne rendent pas compte non plus des différences d'efficacité acoustique apportée par l'appareil pour différents individus.

Mesures d'affaiblissement acoustique

Ces mesures sont effectuées en laboratoire selon la méthode NF EN 24869-1 (dérivant de ISO 4869-1) et reprise par les normes européennes EN 352-1 et EN 352-2, respectivement pour les serre-tête et les bouchons d'oreille.

La méthode consiste à mesurer le seuil d'audition de sujets, 16 au total, avec et sans le protecteur à tester, pour des bruits de différentes compositions fréquentielles : bruits de bande de tiers d'octave centrés sur les centres d'octaves normalisées : 63 Hz (facultatif), 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 et 8 000 Hz (en raison de leur durée, les mesures ne sont effectuées que dans une bande de tiers d'octave sur trois).

Pour chaque sujet et pour chaque bande de bruit, l'affaiblissement est considéré comme la différence des seuils d'audition avec et sans le protecteur. La norme ISO spécifie les conditions de sélection et d'entraînement des sujets d'essai, les exigences en matière de champ sonore et de bruit de fond maximum dans la cabine, etc.

Indices d'affaiblissement acoustique normalisés

La directive 89/686/CEE fait obligation aux fabricants de PICB de fournir une notice d'information aux usagers, contenant diverses informations, notamment sur les performances de protection des produits. Les "exigences essentielles" de la directive, applicables aux PICB, prévoient que ceux-ci apportent un affaiblissement acoustique minimal. Les exigences d'information de l'utilisateur comme l'évaluation de l'affaiblissement minimal, font appel à différents indices d'affaiblissement acoustique. Ces indices sont décrits dans la norme NF ISO 4869-2 d'août 1995 et repris dans le projet de norme PR EN 352-5. Ils sont présentés brièvement ci-après.

Affaiblissements moyens et écarts types par bandes de fréquences

Les affaiblissements moyens M_f et les écarts types associés s_f sont calculés dans chacune des bandes de fréquences de tiers d'octave normalisées à partir des affaiblissements mesurés par les différents sujets,

Indices "APV_{fx}" et "APV_f" (assumed protection value)

- Dans les mêmes bandes de fréquences que précédemment :

$$APV_{fx} = M_f a \cdot s_f$$

où a est un facteur qui, selon la norme ISO, prend différentes valeurs, qui conduisent à différents indices de protection x :

$$a = 0,68 ; x = 75 \%$$

$$a = 0,84 ; x = 80 \%$$

$$a = 1,04 ; x = 85 \%$$

$$a = 1,28 ; x = 90 \%$$

$$a = 1,65 ; x = 95 \%$$

Le projet de norme CEN ne considère dans sa forme actuelle qu'un indice "APV_f" (sans mention de performance de protection) où a est implicitement égal à 1 :

$$APV_f = M_f - s_f$$

Indices H_x, M_x, L_x et H, M, L (high, medium, low)

- Ils se veulent plus synthétiques que les indices précédents, pour des bruits présentant des dominantes spectrales respectivement dans les fréquences aiguës, médiums et graves.

Leur détermination s'obtient à partir des valeurs d'APV_{fx} précédentes, par un calcul quelque peu complexe (sans essais complémentaires, qui fait intervenir 8 spectres de bruits typiques (et fictifs) d'indices harmoniques L_C-L_A allant de -1,2 à +1,8 dB. L'algorithme est décrit dans la norme NF EN ISO 4869-2.

- La norme ISO considère différents indices H_x, M_x, L_x relatifs à différentes performances de protection x , alors que le projet NF EN ne considère que des indices H, M, L, (sans mention de performance de protection), fondés sur les APV (calculés avec $a = 1$).

Indices SNR_x et SNR (single noise rating)

- SNR_x est un indice global d'affaiblissement qui s'efforce de représenter par un seul nombre les qualités acoustiques du protecteur. Son calcul, décrit dans la norme NF EN ISO 4869-2, fait appel (comme pour les R_x, M_x, L_x) aux valeurs APV_{fx}, ainsi qu'à un spectre de bruit "rose", fictif lui aussi. Il conduit ainsi à des valeurs SNR_x correspondant à des "performances de protection" x .

• SNR, présenté dans le projet de norme européenne PR NF EN 352-5, utilise la même procédure, mais sur la base des seuls APV_f (calculés avec $a = 1$).

- La méthode HML exige la connaissance du niveau sonore pondéré C du bruit ambiant et de son indice harmonique L_{C-L_A} . Elle fait appel aux indices H, M et L du protecteur. Le niveau global pondéré A perçu est obtenu à l'aide d'un abaque.

- La méthode SNR exige la connaissance du niveau pondéré C du bruit (ou encore du niveau pondéré A et de l'indice harmonique). Le niveau pondéré A perçu sous le protecteur s'obtient alors en retranchant la valeur SNR caractérisant le protecteur du niveau pondéré C du bruit ambiant.

- La méthode du contrôle HML est une version simplifiée de la précédente qui peut être utilisée lorsque l'on ne dispose que du niveau pondéré A du bruit. La valeur de l'indice harmonique est alors estimée à partir d'une liste d'exemples.

Cas des serre-tête non-linéaires, actifs et de communication

Les moyens d'essais relatifs à ces appareils ne sont pas encore définitivement stabilisés (PR EN 352-4). Dans l'attente de la mise au point de la norme, la personne sélectionnant ce type d'appareil s'efforcera d'obtenir de la part du fabricant des informations sur l'affaiblissement acoustique apporté par le protecteur en mode passif ainsi que l'assurance que le niveau de restitution sonore à l'intérieur de la coquille est inférieur à 85 dB (A).

Cas des bruits impulsionnels

Outre le respect du niveau quotidien d'exposition sonore considéré jusqu'ici, la réglementation spécifie que le niveau crête des bruits impulsionnels ne doit pas dépasser - en France - 135 ou 140 dB (selon le niveau d'action considéré), au niveau de l'oreille du travailleur (décret n° 88-405 du 21 avril 1988). Il n'existe pour l'instant qu'une méthode normalisée ou faisant l'objet d'un certain consensus entre spécialistes, qui permette de mesurer l'efficacité des PICB pour les bruits impulsionnels.

La norme NF EN 458 propose une évaluation grossière du respect des limites réglementaires. Elle considère différents types de bruits impulsionnels ainsi qu'un indice harmonique particulier, calculé à partir de relevés sonométriques effectués en réponse rapide (F pour fast) et en valeur maximale (max), $L_{CFmax}-L_{AFmax}$:

- pour les impulsions répétitives : la protection est suffisante si le niveau quotidien d'exposition sonore, calculé avec cet indice, est respecté,
- pour les bruits d'impact générés par des outils et des armes de petit calibre : l'indice ($L_{CFmax}-L_{AFmax}$) est inférieur à 5 dB et le niveau de crête L'_C sous le protecteur s'obtient en retranchant la valeur M (des indices H, M, L) du niveau crête L_C du bruit : $L'_C = L_C - M$,
- pour des bruits impulsionnels engendrés par des armes de gros calibre et par des explosifs : il n'existe pas de méthode sûre pour évaluer les caractéristiques d'affaiblissement acoustique.

Il va sans dire que ces critères sont encore très insuffisants pour s'assurer de l'efficacité d'un PICB vis-à-vis de

bruits impulsionnels. D'autres méthodes d'évaluation plus précises sont à l'étude (Damongeot et coll., 1992) [7].

Autres critères de choix

Perception des signaux sonores

La non-perception de signaux sonores d'avertissement ou de danger peut constituer un risque d'accident pour le travailleur ou d'incident dans la réalisation du travail. Il importe alors que le port du protecteur n'augmente pas et, si possible, réduise ces risques. À cette fin, le protecteur ne doit pas présenter un affaiblissement acoustique disproportionné au niveau sonore ambiant.

Par ailleurs, le spectre d'affaiblissement du protecteur doit être tel qu'il ne dégrade pas la perception du signal. Cette condition s'avère souvent difficile à remplir car la plupart des appareils affaiblissent davantage les sons médiums ou aigus que les composantes de basses fréquences. Or, ces dernières ont précisément un pouvoir masquant important.

La norme française NF ISO 7731 présente des critères, objectifs et subjectifs, de perception des signaux sonores dans le bruit, prenant en compte l'utilisation d'une protection auditive et éventuellement une déficience auditive du porteur. Le cas échéant, le signal lui-même pourra être modifié, de façon à le rendre perceptible de façon sûre.

Perception de la parole

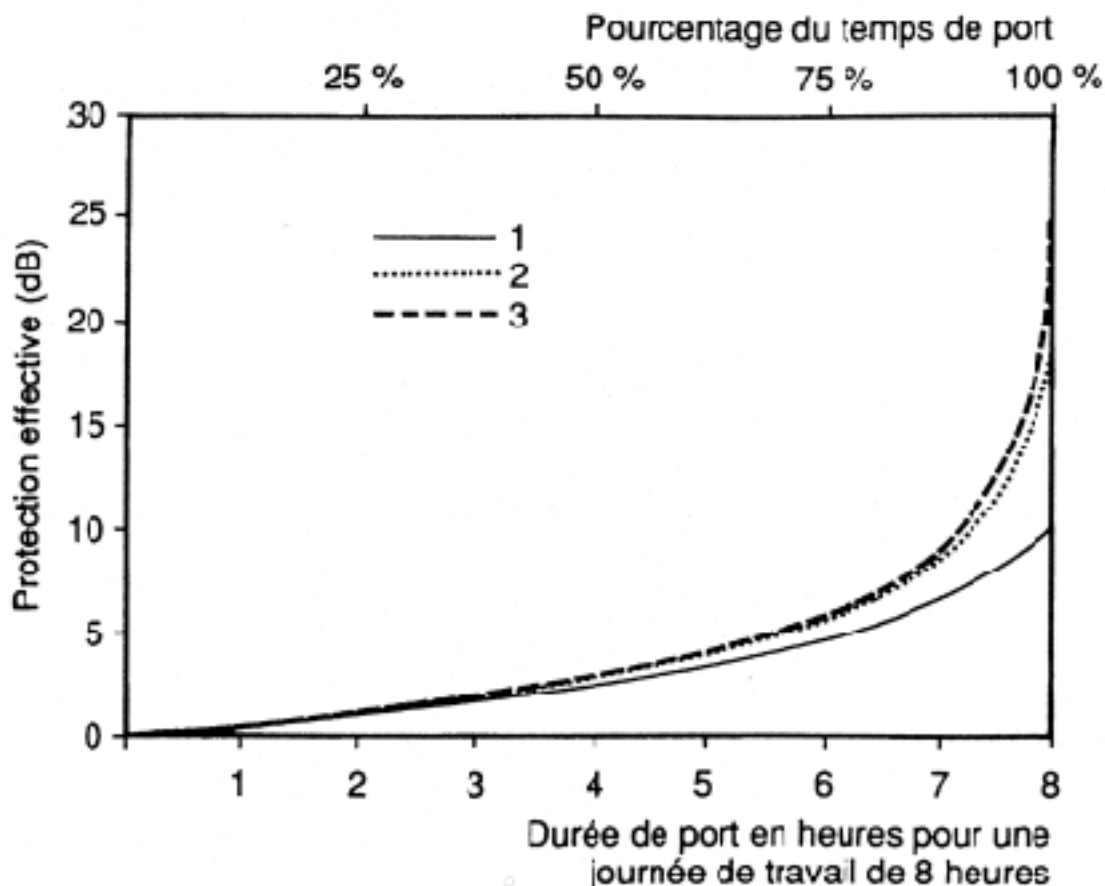
Le problème de la perception de la parole et, en particulier, des messages ou cris d'avertissement d'un danger, est également important pour la sécurité des travailleurs.

La norme française NF S 31-047, de mai 1975, fournit des critères de perception de la parole dans le bruit, mais sans prise en compte du port d'un PICB. Ce dernier point est considéré dans les projets de norme ISO/DP 9921-1, ISO/DP 9921-2 et ISO/DP 9921-3. Le problème est ici plus complexe que pour la perception de signaux car il est difficile de modifier le spectre de la parole.

Dans ce cas, il conviendra de choisir des protecteurs présentant un spectre d'affaiblissement plat, ou des protecteurs actifs. En effet, ces appareils réduisent le niveau sonore perçu, en changeant peu ou pas le rapport signal/bruit. Dans les cas extrêmes, il convient d'utiliser des appareils comportant une transmission par radiofréquences ou par infrarouge.

Influence de la durée de port sur l'efficacité (norme NF EN 458)

Pour être efficace, le PICB doit être porté pendant toute la durée d'exposition au bruit. Si le porteur le retire, même peu de temps, la protection effective obtenue est considérablement réduite (fg. 1). À titre d'exemple, si un très bon protecteur n'est porté que la moitié du temps, la protection effective n'est que de trois décibels.



Conclusions-perspectives

Au cours de ces dix dernières années, la qualité des protecteurs dits conventionnels (serre-tête et bouchons d'oreille passifs) s'est sensiblement améliorée. Leur confort, en particulier, a beaucoup progressé.

L'élaboration de normes relatives aux différents types de PICB et la mise en place des examens CE de type et du marquage CE correspondant, exigés pour la commercialisation des PICB sur le marché européen, apporteront une meilleure garantie de qualité des appareils de protection et une meilleure information des usagers.

Par ailleurs, de nouveaux appareils sont apparus, électroniques ou mécaniques, tels que ceux à atténuation plate en fréquence, ceux non-linéaires en niveau, les appareils actifs, les appareils de communication... Ces appareils répondent pour l'instant à des applications spécifiques, mais leur emploi devrait être appelé à se généraliser grâce à une baisse prévisible de leur coût de production. Ainsi, les PICB à atténuation plate en fréquence et les protecteurs actifs contribueront à résoudre le délicat problème de la perception de la parole et des signaux sonores "utiles"

dans le bruit. D'autre part, les protecteurs non-linéaires en niveau permettront d'apporter une protection instantanément modulée en fonction de l'ambiance sonore. Les progrès de la miniaturisation permettront sans doute d'obtenir les mêmes caractéristiques avec des bouchons d'oreille, dont le port prolongé est mieux supporté que celui des serre-tête.

Quant aux autres types de protecteurs (protecteurs non linéaires, actifs, de communication), la mise au point de méthodes permettant de mesurer leurs performances acoustiques fait l'objet de recherches actives dans différents pays, afin de parvenir à l'élaboration de procédures susceptibles d'être normalisées (Damongeot et Kusy, 1991 [10]). Il en est de même du problème de la mesure de l'affaiblissement du niveau de crête apporté par les PICB vis-à-vis des bruits impulsionnels, qui n'est toujours pas résolu de manière satisfaisante, même pour les appareils passifs (Damongeot et coll., 1992 [7]). L'utilisation de la technique MIRE permet déjà de résoudre un certain nombre de ces problèmes, du moins pour les serre-tête. Le développement d'oreilles et de têtes artificielles suffisamment réalistes et reproductibles d'un laboratoire à l'autre pourrait constituer la solution d'avenir pour ce type d'essais, en particulier pour les bouchons d'oreille.

Références bibliographiques

[1] DAMONGEOT A., PFEIFFER H., Occupational safety criteria for the construction and sélection of electroacoustic hearing protectors. In : 12e congrès mondial de la sécurité et de santé au travail, Hambourg, mai 1990, 4p.

[2] KUSY A., Efficacité et confort des protecteurs individuels contre le bruit- Résultats de la quatrième campagne d'essais. travail et sécurité, avril 1991, ED 749, pp 215-243

[3] LATAYE R., DAMONGEOT A., BARBARA JJ, Casques antibruit à atténuation asservie, Travail et sécurité, avril 1987, ED 1230, 12 p.

[4] CASALI JG, PARK MY, Comparaison de l'affaiblissement obtenu en laboratoire et sur le terrain avec différents protecteurs auditifs. Cahiers de notes documentaires, 1993 (151) pp 293-303.

[5] DAMONGEOT A., LATAYE R., KUSY A., Affaiblissement acoustique apporté par une double protection (serre-tête et bouchons d'oreilles). Cahiers de notes documentaires, 1990 (140) pp-557-562

[6] Norme NF EN 458 - Protecteurs contre le bruit - Recommandations relatives à la sélection, à l'utilisation, aux précautions d'emploi et à l'entretien - Document

guide, Paris- La Défense, AFNOR, avril 1994, 38 p.

[7] DAMONGEOT A., DI RENZO N., KUSY A., Performance of earmuffs against impulse noises. in : Congrès FASE'92, 1992, pp 197-200.

[8] TISSERAND M., KRAWSKY G., GROSDÉMANGE JP, LIEVIN D., Protecteurs individuels contre le bruit - Méthodes d'évaluation du confort. Cahiers de notes documentaires, 1973, (73), pp. 443-449

[9] DAMONGEOT A, TISSERAND M., KRAWSKY G., GROSDÉMANGE JP, LIEVIN D., Evaluation of the comfort of personal hearing protectors. In : Personal hearing protection in industry. New-York, Raven Press, 1982, pp 151-162

[10] DAMONGEOT A., KUSY A., À procedure, combining objective and subjective techniques, to measure the level-dependent attenuation of electronic amplitude-sensitive earmuffs. Applied acoustics, 1991 (33) pp 181-198.

