

Choisir un protecteur individuel contre le bruit

Gwenolé NEXER
g.nexer@hearingprotech.com

Octobre 2011

Sélectionner et mettre en place des protecteurs individuels contre le bruit nécessite aujourd'hui de maîtriser de nombreux paramètres tels que la législation, les conditions de travail des salariés, leurs niveaux d'exposition au bruit, les différents protecteurs disponibles et leurs spécificités.

Cette étude vous donnera les clés pour choisir au mieux les protecteurs individuels contre le bruit et faire en sorte qu'ils soient portés.

Nous verrons également que les valeurs d'affaiblissement mises en avant par les fabricants de PICB (Protecteurs Individuels Contre le Bruit) ne correspondent pas à la réalité et que des décotes devront leurs être appliqués.

Se protéger contre le bruit
E-121.4



Table des matières

1	LE BRUIT	3
1.1	Le bruit au quotidien	3
1.2	Le bruit au travail	4
1.3	L'exposition à des niveaux de bruits importants affecte la santé	6
1.3.1	Deux types d'effets sur la santé	6
1.3.2	Le réflexe stapédien protège naturellement l'oreille	6
1.3.3	Le bruit facteur d'accidents du travail	7
1.4	La perte auditive	7
1.5	La législation	9
1.5.1	La directive « Bruit » 2003/10/CE	9
1.5.2	La norme EN 352	10
1.5.3	La norme EN 458	10
1.6	Éléments techniques	12
1.6.1	La pondération « A » et « C »	12
1.6.2	Le SNR	13
1.6.3	HML	14
1.6.4	$L_{EX,8h}$	14
1.6.5	L_{Aeq}	14
1.6.6	$L_{p,C,peak}$	14
2	LES PROTECTIONS INDIVIDUELLES CONTRE LE BRUIT	15
2.1	Les 6 critères de choix d'un PICB	15
2.2	Critère n°1 - Le marquage CE	15
2.3	Critère n°2 - Un affaiblissement acoustique adapté	16
2.3.1	Les différents protecteurs disponibles	16
2.3.2	Les plages d'affaiblissements des PICB	17
2.3.3	La théorie serait différente de la réalité ?	22
2.3.4	Recommandations de décotes pour les valeurs d'affaiblissements des PICB	24
2.3.5	Les fréquences	25
2.3.6	Comment lire un tableau des affaiblissements d'un PICB	26
2.4	Critère n°3 - Le confort du porteur	27
2.5	Critère n°4 - Environnement de travail et activité	28
2.6	Critère n°5 - Troubles médicaux	28
2.7	Critère n°6 - Compatibilité avec d'autres équipements de protection individuels	29
2.8	L'entretien des protecteurs	29
2.9	La formation, sensibilisation	30
2.10	Avantages et inconvénients	31
2.11	Récapitulatif	32
2.12	Le taux de port	33
3	CONCLUSION	35
4	NOTES ET REFERENCES	37
	ANNEXE 1 - QUELQUES REGLES DE CALCUL...	38
		39

1 Le bruit

Le bruit est un son complexe produit par des vibrations diverses, souvent amorties et qui ne sont pas des harmoniques (Honneger, 1976 [1])

1.1 Le bruit au quotidien

Deux français sur trois en souffrent.

Selon un rapport réalisé par la Mission d'Information sur les nuisances sonores (P. Meunier et C. Bouillon 2011 [2]), deux français sur trois souffrent des nuisances sonores dans les transports, sur leur lieu de travail ou à leur domicile.

Cinq millions de Français sont concernés par la malentendance, dont 2 millions chez les moins de 55 ans. 15 % de la population porte des aides auditives. Plus de 5 millions de personnes souffrent d'acouphènes : sensation auditive anormale (bourdonnement, tintement d'oreille) qui n'est pas provoquée par un son extérieur.

Un récent rapport de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2011 [3]) estime que, chaque année, ce sont 1,6 million d'années de vie en bonne santé qui sont perdues en Europe de l'Ouest du fait des atteintes physiologiques et psychiques portées par des expositions excessives, en intensité comme en durée, au bruit.

La décomposition de ces années de vie (en bonne santé) perdues chaque année est de :

- 61 000 années pour les maladies cardiovasculaires
- 45 000 années pour les déficiences cognitives chez les enfants
- 903 000 années pour les perturbations du sommeil
- 22 000 années pour les traumatismes sonores aigus
- 587 000 années pour la gêne.

1.2 Le bruit au travail

Trois millions de salariés déclarent être exposés à des bruits supérieurs à 85dB(A) en France en 2003 (Rapport SUMER, 2003 [4]).

Dans le tableau 1 nous constatons que si certains secteurs protègent à 85% leurs salariés exposés, la moyenne fait ressortir qu'un salarié sur 3, n'est pas protégé. On note également que plus l'exposition est fréquente dans un secteur, meilleure est la protection.

Secteur d'activité économique	Salariés exposés bruit > 85dB(A) + de 20h/semaine	Dont sans protections individuelles
Industrie du bois-papier	37,4%	18,1%
Métallurgie et transformation des métaux	33,3%	20,4%
Industrie des produits minéraux	26,3%	14,1%
Industrie automobile	21,1%	18,6%
Industrie des équipements mécaniques	21,0%	20,3%
Industrie textile	20,0%	28,2%
Industrie agricoles et alimentaires	18,2%	26,1%
Chimie, caoutchouc, plastiques	16,9%	23,7%
Industrie des équipements du foyer	16,1%	17,8%
Agriculture, sylviculture et pêche	13,0%	32,9%
Construction navale, aéronautique et ferroviaire	13,0%	27,5%
Construction	11,5%	29,5%
Habillement, cuir	10,5%	NS
Edition, imprimerie, reproduction	10,4%	39,3%
Services opérationnels	10,2%	40,0%
Commerce et réparation automobile	9,4%	49,7%
Industries des composants électriques et électroniques	8,5%	NS
Pharmacie, parfumerie et entretien	7,6%	NS
Industrie des équipements électriques et électroniques	3,9%	NS
Commerce de gros	3,9%	49,4%
Transports	3,3%	66,2%
Activités récréatives, culturelles et sportives	2,2%	NS
Eau, gaz, électricité	2,1%	25,5%
Hôtels et restaurants	2,0%	NS
Services personnels et domestiques	1,9%	NS
Santé, action sociale	1,3%	59,1%
Recherche et développement	1,2%	NS
Education	1,0%	NS
Conseils et assistance	0,7%	NS
Administration publique	0,7%	NS
Activités associatives et extra - territoriales	0,6%	NS
Commerce de détail, réparations	0,5%	NS
Activités immobilières	0,5%	NS
Activités financières	0,3%	NS
Postes et télécommunications	0,1%	NS
Ensemble	6,8%	32,0%

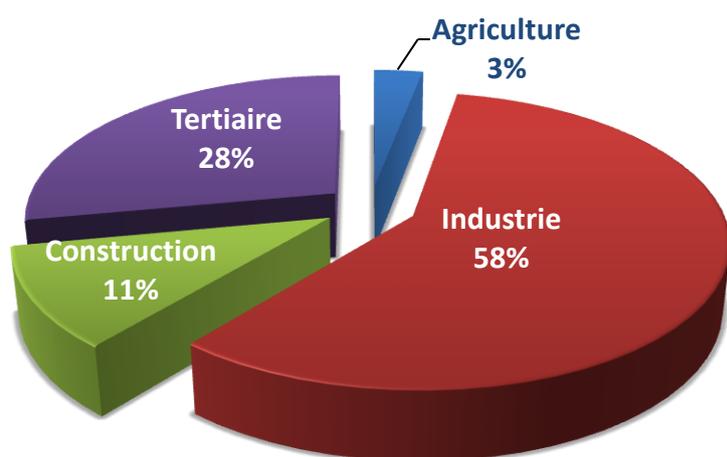
Tableau 1 : Extrait du rapport SUMER 2003

NS : Non Significatif

Un salarié sur trois exposé à des intensités > 85dB(A) ne se protège pas.

Le rapport SUMER de 2003 (surveillance médicale des risques professionnels) indique que près de 7% des salariés sont exposés à des bruits supérieurs à 85dB(A) pendant une durée supérieure à 20 heures/semaine.

Dans l'industrie, 77 % des salariés exposés disposent d'une protection auditive. Ils sont 71 % dans la construction et 67 % dans l'agriculture. En revanche, dans le tertiaire, secteur moins touché par les bruits nocifs, plus de la moitié des salariés exposés ne sont pas protégés.



Graphique 1 : Près de six salariés sur dix exposés aux bruits nocifs travaillent dans l'industrie



Figure 1 : Les bruits nocifs touchent plus les hommes que les femmes



Substances ototoxiques

Attention à l'exposition simultanée au bruit et à certains produits chimiques qui deviennent un facteur aggravant (DARES 2007 [5]). Lorsque l'on est exposé à des produits chimiques toxiques pour l'oreille tels que le styrène ou les solvants aromatiques (toluène utilisé dans les peintures, vernis, encres ou agents dégraissants), les bruits nocifs ont des conséquences plus graves sur l'audition. Ces facteurs aggravants touchent plus de la moitié des salariés exposés aux bruits nocifs.

1.3 L'exposition à des niveaux de bruits importants affecte la santé

1.3.1 Deux types d'effets sur la santé

L'exposition au bruit peut avoir deux types d'effets sur la santé : auditif et non auditif.

Les effets non auditifs sont source :

- d'anxiété, de dépression, de stress, d'irritabilité voire d'agressivité
- de perturbations du sommeil, d'insomnie
- de fatigue, d'une baisse de la concentration
- d'effets sur le système cardio-vasculaire
- d'une augmentation du risque d'accidents du travail

Les effets auditifs concernent la déficience auditive et peuvent se présenter sous les formes suivantes :

- **l'acouphène** : sifflement, bourdonnement de l'oreille
- **le déficit auditif temporaire** : résulte d'une exposition à un niveau sonore élevé, l'audition revient progressivement après l'exposition (plusieurs heures)
- **le traumatisme acoustique** : dommage auditif causé par un bruit violent et bref (explosion, coup de feu, pétards...)
- **le déficit auditif permanent** : typique d'une exposition journalière prolongée au bruit (8 heures à + de 80dB(A)). La destruction progressive de l'audition qui se déroule sur des mois, des années, est insidieuse, elle ne se remarque que lorsque qu'elle génère une gêne telle que le sujet et son entourage commencent à rencontrer des difficultés de communication. Les lésions subies sont alors irréversibles et définitives.

1.3.2 Le réflexe stapédien protège naturellement l'oreille

Réflexe dont le rôle est de protéger l'oreille interne d'une intensité sonore trop forte. Le muscle stapédien, qui agit sur l'étrier (élément de l'oreille moyenne qui permet la transmission des vibrations tympaniques à l'oreille interne), se contracte et augmente ainsi la rigidité du système, qui se comporte alors comme un système de protection contre le bruit.

Lorsque le réflexe stapédien se déclenche, toute augmentation du son perçu est atténuée, et ainsi une augmentation de 10 dB n'entraînera qu'une transmission majorée de 3dB vers l'oreille interne. Le réflexe atténue essentiellement les fréquences graves (< 2KHz) il est peu efficace sur les fréquences aigües.

Cependant, comme tous les muscles, le stapédien se fatigue et cette fatigue intervient d'autant plus rapidement que le niveau sonore est élevé.

A 121dB, il se relâche après 7 secondes (risque de lésion irrémédiable).

A 109 dB, il se relâche après environ 1 minute 52 secondes.

A 100 dB, il se relâche après environ 15 minutes en moyenne.

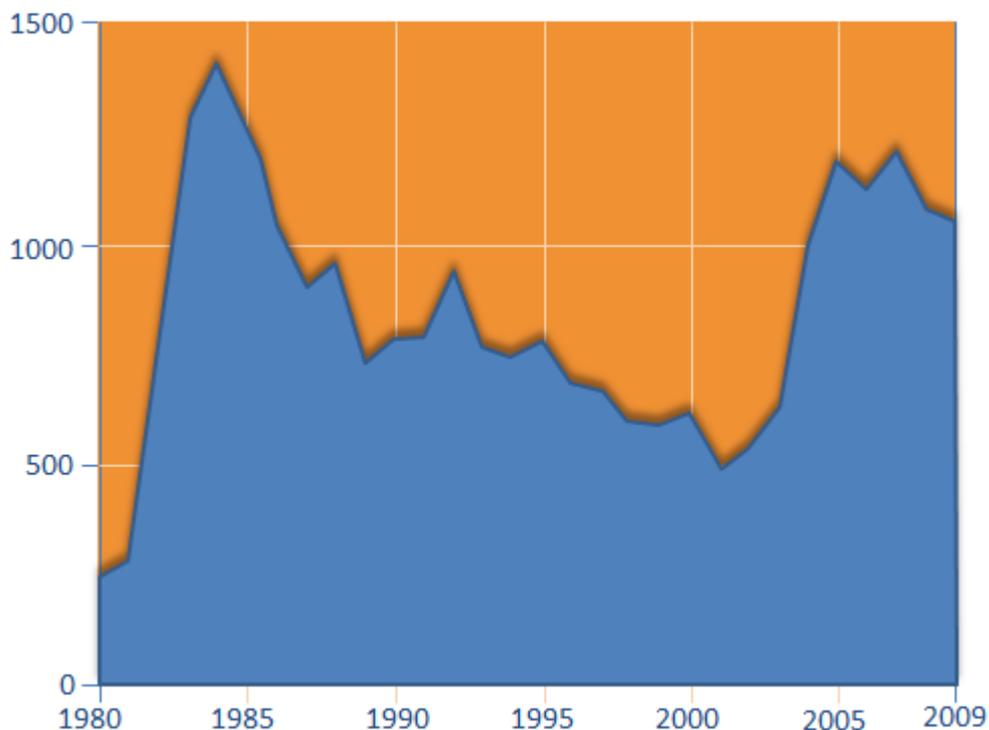
1.3.3 Le bruit facteur d'accidents du travail

Selon la DARES [5], des conditions de travail difficiles s'accompagnent souvent d'un risque accru d'accident. C'est principalement le cas du bruit : 8,6 % des salariés soumis à un bruit nocif pour l'audition (+ 85dB(A), + de 20 h/semaine) ont connu un accident avec arrêt. Un bruit intense et permanent peut contribuer à relâcher la vigilance ou à empêcher la perception d'un danger (Campo, 2005 [6]). Le bruit accroît de 24% le risque d'accident avec arrêt.

1.4 La perte auditive

La perte auditive est au 4^{ème} rang des maladies professionnelles. Son coût est en moyenne de 94 000 euros (INRS 2009 [7]).

L'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit peu à peu les cellules ciliées de l'oreille interne. Elle conduit progressivement à une surdité, dite de perception, qui est irréversible. Dans ce cas, la chirurgie n'est d'aucun secours. L'appareillage par des prothèses électroniques se contente d'amplifier l'acuité résiduelle, il ne restitue pas la fonction auditive dans son ensemble.



Graphique 2 : Nombre de surdités professionnelles reconnues depuis 1980 [7]

La surdité peut être reconnue comme une maladie professionnelle selon des critères médicaux, professionnels et administratifs bien précis, qui sont stipulés dans le tableau n°42 des maladies professionnelles du régime général et le tableau n°46 du régime agricole. Le tableau n°42 a été modifié plusieurs fois, notamment en 1981 et en 2003, où les conditions de reconnaissance ont été élargies. Si bien que le nombre de surdités reconnues s'est accru brutalement dans les années qui ont suivi.

Le graphique 3 permet de visualiser les différents stades d'évolution de la surdité professionnelle.

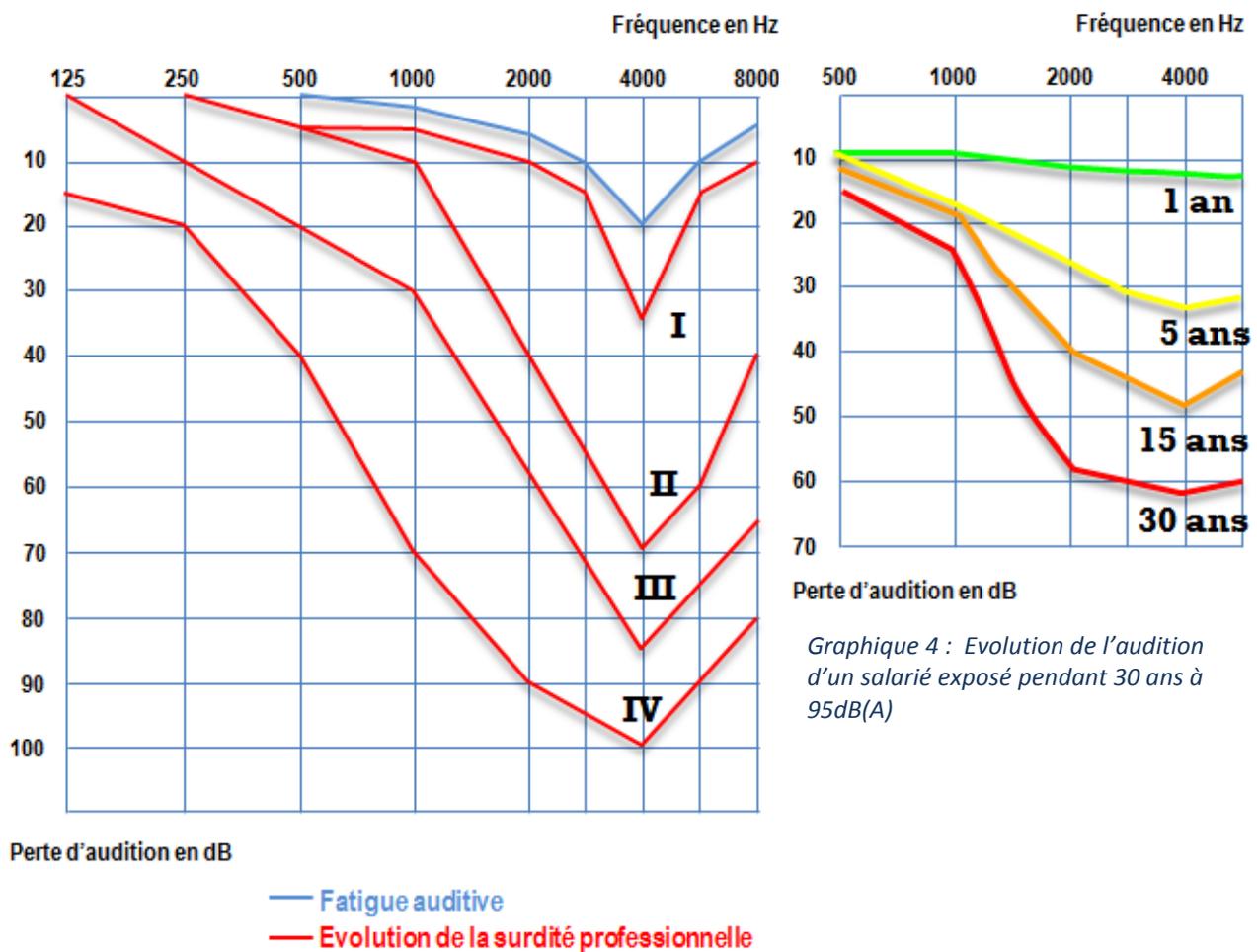
Phase d'accoutumance : L'audiogramme pratiqué en fin de journée peut déjà montrer un scotome (déficit auditif) réversible sur la fréquence 4000 Hz.

Stade I ou stade de surdité latente : Le déficit auditif se caractérise par un scotome irréversible sur la fréquence des 4000 Hz dépassant 30 dB.

Stade II ou stade de surdité débutante : Le scotome est étendu aux fréquences voisines (2000 à 6000 Hz) et dépasse 30 dB.

Stade III ou stade de surdité confirmée : La perte auditive s'étend vers les fréquences 1000-8000 Hz et dépasse 30 dB.

Stade IV ou stade de surdité sévère : Le déficit atteint toutes les fréquences, y compris le 500 Hz (≥ 30 dB), avec une extension prédominante sur les fréquences aiguës.



Graphique 3 : Evolution de la surdité professionnelle

Nous voyons sur le graphique 4 une étude sous forme d'audiogrammes réalisés tous les 5 ans sur un travailleur exposé au bruit pendant l'ensemble de sa carrière professionnelle sans se protéger (Thiery, 2004 [8]).

1.5 La législation

Une directive et deux normes règlementent les protections individuelles contre le bruit (PICB) et leur mise en place :

- La directive européenne de 2003
- La norme EN 352
- La norme EN 458

Trois autres normes viennent compléter les deux normes ci-dessus :

La norme EN 4869-2 qui décrit les différentes méthodes de calcul (par bande d'octave, HML et SNR) pour estimer les niveaux de pressions effectifs pondérés « A » en cas d'utilisation de PICB. Les normes EN 13819-1 et EN 13819-2 décrivent respectivement les méthodes d'essai physique et acoustique mises en œuvre lors de la certification de l'EN 352.

1.5.1 La directive « Bruit » 2003/10/CE

Transposée en droit français, par le décret 2006-892 du 19 juillet 2006 modifiant le Code du travail et l'arrêté du 19 juillet 2006. Spécifie les valeurs limites d'exposition des salariés. Ce sont ces valeurs qui déterminent si un salarié doit être protégé contre le bruit ou pas.

Que dit-elle en résumé :

1 - Les valeurs limites d'exposition des travailleurs (VLE) au bruit en prenant en compte l'atténuation du PICB sont de :

- 87 dB (A) pour une journée de travail de 8 heures
- 140 dB(C) pour la pression de crête

En cas de dépassement :

- Mise en œuvre de mesures immédiates de réduction de l'exposition sonore
- Limitation de la durée d'exposition au bruit du salarié

2 - Les valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action sont de :

- 85 dB (A) pour une journée de travail de 8 heures
- 137 dB(C) pour la pression de crête

En cas de dépassement :

- Mise en œuvre d'un programme de mesures techniques visant à réduire l'exposition au bruit
- Signalisation des lieux de travail bruyants et limitation d'accès
- Utilisation de PICB
- Examens audiométriques périodiques

3 - Les valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action sont de :

- 80 dB (A)
- 135 dB(C)

Si ces seuils sont dépassés :

- Mise à disposition de PICB

- Information et formation des travailleurs (risques liés au bruit, mesure et moyen de prévention, usage des PICB)
- Examens audiométriques proposés

1.5.2 La norme EN 352

Une norme existe pour chaque type de PICB :

- EN 352-1 pour les serre-têtes
- EN 352-2 pour les bouchons d'oreilles
- EN 352-3 pour les serre-têtes montés sur casque de protection

Ces normes établissent les exigences pour les dispositifs individuels de protection contre le bruit en relation avec la Directive 89/686/CEE. L'exigence particulière relative à la capacité des protecteurs individuels contre le bruit à réduire le bruit en-dessous des niveaux limites quotidiens est abordée dans l'EN 352 qui fixe l'affaiblissement acoustique des protecteurs (mesuré conformément à l'EN 24869-1) à un niveau minimal spécifié. En exigeant, en outre, une déclaration de l'affaiblissement acoustique mesuré, elles permettent de choisir les protecteurs adéquats suivant la pratique établie, en fonction des besoins individuels.

Elles précisent également les exigences en termes de matériau, de montage, de facilité d'adaptation mais également de confort pour l'utilisateur. Elles analysent les performances minimales sur la résistance aux chocs, aux basses et hautes températures, à la flamme.

Fréquences en Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
($M_f - S_f$) en dB	5	8	10	12	12	12	12

Tableau 2 : Exigences requises par la norme EN352-2 en matière d'affaiblissement minimal par fréquences
 M_f représente les valeurs moyennes d'affaiblissement, et S_f les écarts-types mesurés
 $M_f - S_f = APV$ (Assumed Protection Value) qui est la moyenne des atténuations sur les 16 sujets de tests auxquels est retranché l'écart type.

1.5.3 La norme EN 458

« Protecteurs individuels contre le bruit – Recommandations relatives à la sélection, à l'utilisation, aux précautions d'emploi et à l'entretien. »

La norme a été élaborée pour servir de guide à toute personne qui doit fournir, acheter ou porter des protecteurs individuels contre le bruit.

Pour que la protection offerte par les protecteurs individuels contre le bruit soit réelle, il convient que les utilisateurs les portent tant qu'ils se trouvent dans un environnement bruyant potentiellement dangereux. C'est pourquoi, en ce qui concerne la sélection des protecteurs individuels contre le bruit PICB, l'attention est attirée sur la nécessité de prendre en considération certains facteurs qui peuvent influencer sur le confort et l'acceptation.

L'EN 458 définit dans un organigramme (figure 3) les différentes étapes à mettre en œuvre en cas de localisation d'une zone bruyante qui pourrait se révéler potentiellement dangereuse pour les salariés qui y travaillent.



Figure 2 : L'organigramme ci-dessus décrit les mesures destinées à réduire le risque individuel de perte auditive induite par le bruit (extrait EN458)

Comme nous le constatons le premier objectif est de tenter de réduire le bruit à la source. Cette voie ne sera pas traitée ici, nous allons considérer que pour des raisons qui vous sont propres (difficultés voir impossibilité de traiter une zone, investissements trop élevés...) vous choisissiez d'équiper vos salariés de protecteurs individuels contre le bruit (PICB).

1.6 Éléments techniques

1.6.1 La pondération « A » et « C »

La mesure du bruit peut se faire en décibels pondérés « A » ou pondérés « C ». La pondération « A » a été définie à partir des courbes isotoniques (mesures de la pression sonore en décibels, en fonction de la fréquence, qu'une personne perçoit comme un son de même niveau) qui ont permis de caractériser la sensibilité de l'oreille humaine sur l'ensemble des fréquences.

Ces courbes isotoniques (figure 3) montrent que l'oreille perçoit les hautes fréquences (centrées aux alentours de 3200 Hz) avec beaucoup plus de sensibilité que les basses fréquences.

Cette résonance naturelle de notre oreille externe en forme de cornet amplifie les bruits aigus de 10 à 15dB en moyenne.

Nous voyons figure 3 (courbe verte) qu'un son émis à une intensité de

20dB sur une fréquence de 1KHz (valeur de référence) sera perçu plus tôt sur la fréquence de 3KHz, aux alentours de 13dB. Sur une fréquence grave, 125Hz par exemple, il faudra monter le son jusqu'à 43dB pour obtenir la même sensation. Soit un écart de 30dB entre la perception d'un son aigu et celle d'un son grave. Plus le son de référence (1KHz) émis est intense, plus l'écart entre la perception aigu/grave diminue.

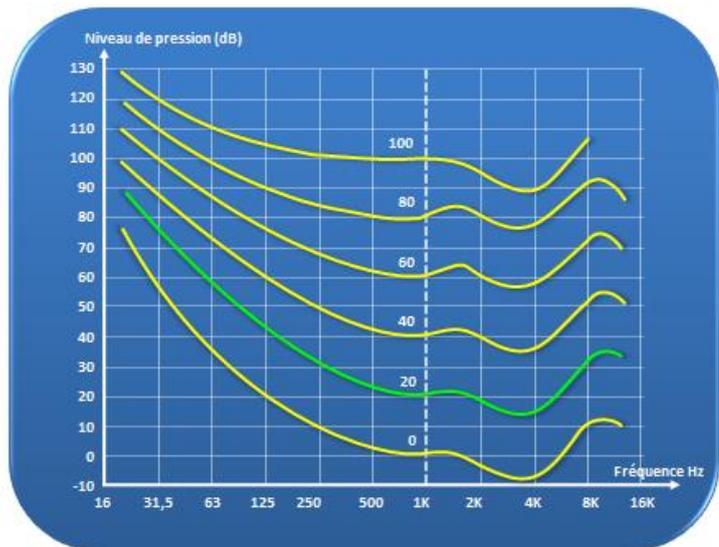


Figure 3 – courbes isotoniques (selon ISO 226). Mesures de la pression sonore en décibels, en fonction de la fréquence, qu'une personne perçoit comme un son de même niveau.

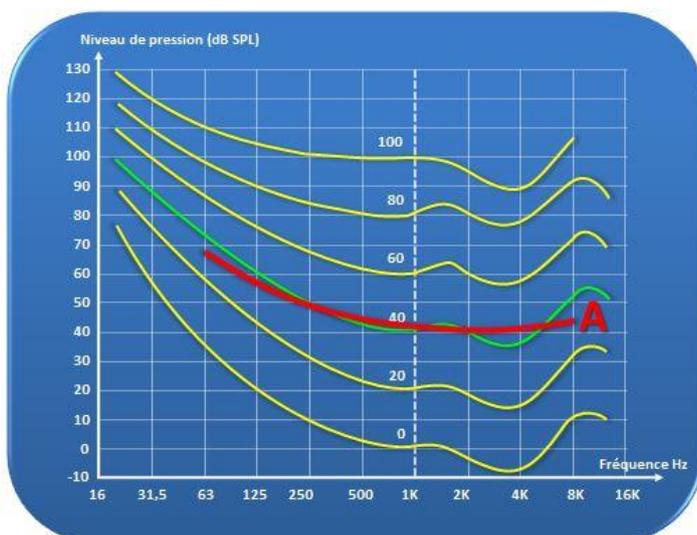


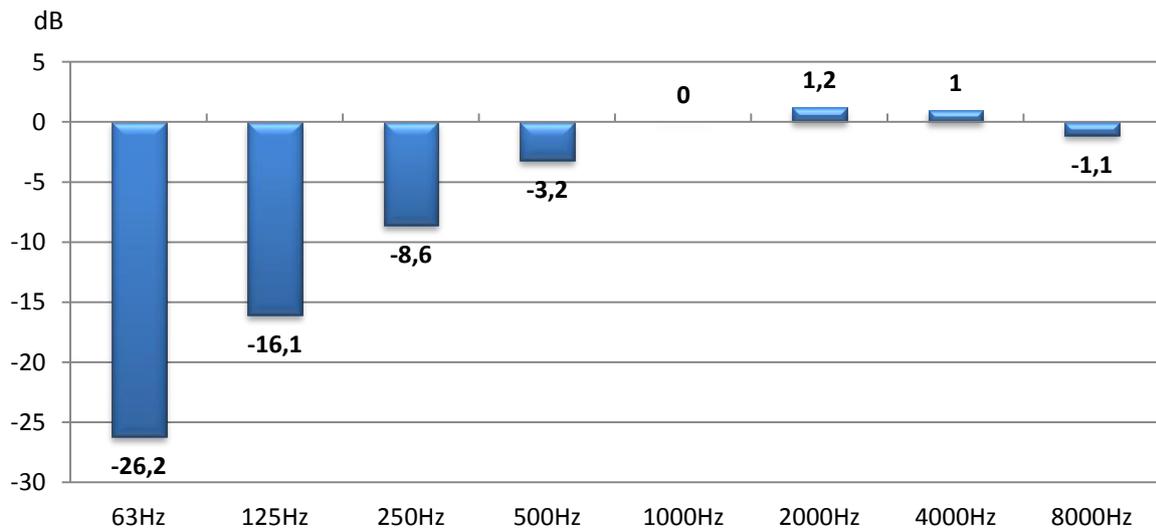
Figure 4 – Courbes de pondération A en rouge superposées aux courbes isotoniques

Dans un premier temps la pondération « A » a été conçue pour représenter la perception humaine sur l'ensemble des fréquences et à de faibles intensités. Par la suite on considéra qu'elle représentait également la fatigue auditive et la nocivité des bruits.

Plusieurs études montrent pourtant que la pondération « A » semble sous-estimer l'effet nocif des fréquences basses, ces études sont décrites dans l'étude bibliographique de P. Campo et A. Damongeot de l'INRS [9].

Le graphique 5 démontre clairement

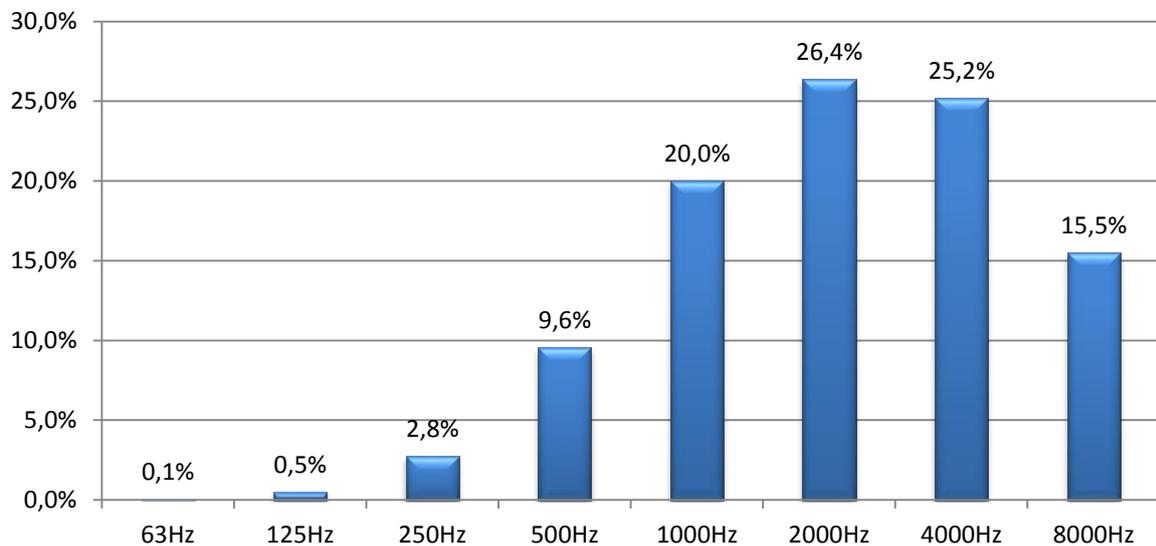
que la pondération « A » prend peu en compte les basses fréquences.



Graphique 5 : Pondération de chaque fréquence pour obtenir la pondération « dB(A) »

1.6.2 Le SNR

Le SNR (Single Number Rating) est un indice global d'affaiblissement, c'est une moyenne pondérée de l'affaiblissement sur toutes les fréquences mesurées.



Graphique 6 – Pondération du SNR en fonction des fréquences, le pourcentage représente le poids de chaque fréquence dans le calcul du SNR

Comme nous le constatons sur le graphique 6, la pondération du SNR privilégie les fréquences moyennes et hautes. Trois fréquences expriment plus de 70% de l'indice SNR (2000 Hz, 4000 Hz et 8 000Hz).

1.6.3 HML

Sont des indices équivalent au SNR mais représentatifs des hautes, moyennes et basses fréquences (High, Medium, Low).

H : Atténuation moyenne dans un spectre de hautes fréquences (>2kHz)

M : Atténuation moyenne dans un spectre de moyennes fréquences (0,5 à 2kHz)

L : Atténuation moyenne dans un spectre de basses fréquences (<0,5kHz)

1.6.4 $L_{EX,8h}$

Niveau d'exposition quotidienne au bruit normalisé sur une durée de référence de 8 heures exprimée en dB(A). Voir la méthode de calcul en Annexe 1.

1.6.5 L_{Aeq}

Désigne la moyenne énergétique d'un son au cours de la mesure. Les bruits dans l'environnement sont rarement stables, ils sont variables en intensité. Pour cette raison, il est nécessaire de déterminer le niveau sonore moyen d'un bruit. Le L_{Aeq} s'exprime en dB(A).

1.6.6 $L_{p,C,peak}$

Niveau de pression acoustique de crête exprimé en dB(C) indiquant le niveau maximal instantané du bruit.

2 Les protections individuelles contre le bruit

2.1 Les 6 critères de choix d'un PICB

« Du fait que les différents protecteurs individuels existants peuvent être utilisés dans des environnements sonores très variés, il est important de choisir le type de protecteur le plus approprié. Il convient de prendre en compte toutes les fonctions des protecteurs individuels lors du processus de sélection, et de prêter attention aux aspects cités ci-dessous et soulignés dans les articles suivants :

1. le marquage CE
2. un affaiblissement acoustique adapté
3. le confort du porteur
4. environnement de travail et l'activité
5. les éventuels troubles médicaux
6. la compatibilité avec d'autres équipements de protection individuels (EPI)

Il convient de renouveler le processus à intervalles réguliers afin de s'assurer qu'un affaiblissement effectif est maintenu ».

Extrait de la norme EN458 paragraphe 5.1

2.2 Critère n°1 - Le marquage CE

Pour obtenir le marquage CE, le protecteur doit satisfaire à un certain nombre d'exigences décrites dans les normes EN352.

L'agrément CE sera obtenu après « examen CE de type » permettant de vérifier que le protecteur répond bien à la norme EN352 correspondante. Les tests et contrôles sont effectués par un laboratoire de certification.

Les données d'atténuations des protecteurs sont établies après mesures par le laboratoire de certification sur un panel de 16 sujets entraînés. C'est la moyenne des sujets (auquel on soustrait l'écart type pour obtenir l'APV) qui spécifie l'atténuation du protecteur.

Le fabricant s'engage dès lors à mettre sur le marché des produits strictement identiques au modèle certifié.

Il est important d'être vigilant et de vérifier que le fabricant auquel vous vous adressez possède bien le « rapport d'examen CE de type à son nom ».

2.3 Critère n°2 - Un affaiblissement acoustique adapté

En matière d'affaiblissement, nombreux sont ceux qui pensent qu'un protecteur avec une forte atténuation est plus efficace.

Dans le cas d'un salarié exposé à de fortes intensités, il sera primordial de le protéger suffisamment, mais un salarié exposé à de faibles intensités, par exemple 85dB(A), nécessitera un affaiblissement de 13dB environ, le fait de l'équiper d'un PICB qui atténue de 30dB est une erreur, le salarié trop isolé ne supportera pas ses protecteurs, l'obligeant à les retirer pour entendre le moindre signal, la moindre parole.

L'objectif est de descendre le niveau sonore perçu par le salarié sous les 80dB(A), le seuil de 72dB(A) de bruit résiduel est un bon compromis si l'on se réfère aux préconisations de la norme EN458.



Figure 5 : Niveaux effectifs à l'oreille avec affaiblissement du PICB selon l'EN458

2.3.1 Les différents protecteurs disponibles

Le nombre de modèles disponibles sur le marché est important, pour tenter d'y voir clair nous allons classer les PICB en 4 familles :

2.3.1.1 Le PICB à coquilles



Appelé également serre-tête, serre nuque ou à coquilles, il peut être soit indépendant soit monté sur casque de sécurité industriel. Il est positionné « autour » de l'oreille, il est relié par un arceau passant au dessus de la tête. Il est de type réutilisable, il est conseillé de changer les coussinets (oreillettes) tous les ans pour assurer une bonne étanchéité.

2.3.1.2 Le bouchon avec arceau



Il se positionne soit sur le conduit auditif et soit à l'intérieur, les bouchons sont reliés par une bande (arceau) plastique qui assure leur maintien.

2.3.1.3 Le bouchon dit « standard »



- Le bouchon préformé / prémoulé réalisé en silicone, caoutchouc... il peut être introduit dans l'oreille sans façonnage préalable.



- Le bouchon à façonner par l'utilisateur réalisé en général en mousse comprimable et/ou malaxable, il sera donc modelé par le salarié avant sa mise en place dans le conduit auditif. Ce type de bouchon est en général à usage unique.

2.3.1.4 Le bouchon moulé individualisé (sur mesure)

Réalisé à partir d'une empreinte de l'oreille du salarié ce protecteur sera ensuite fabriqué soit en silicone, soit en résine acrylique. De nouvelles technologies permettent désormais une fabrication entièrement numérique de ces protecteurs offrant une précision de l'ordre de 100 μ . Un filtre acoustique passif permet de sélectionner le niveau d'affaiblissement pour l'adapter au besoin du porteur.



2.3.1.5 Les systèmes actifs

Nous nous intéresserons dans cette étude aux systèmes dit « passifs », c'est-à-dire ne possédant aucune électronique, leur seule fonction étant de « bloquer » le son avant qu'il n'entre dans le conduit auditif du salarié.

Nous allons néanmoins rapidement décrire les systèmes actifs existants.

Il existe aujourd'hui 3 types de systèmes de protection contre le bruit dit « actif » :

- Le filtre non linéaire qui équipe les protecteurs destinés à des bruits d'impact très élevés (chasseurs, soldats...). Ce filtre qui ne possède pas d'électronique à la particularité de bloquer les ondes sonores dès qu'elles deviennent trop fortes. Il laisse totalement passer le bruit faible ou moyen. Idéal pour le chasseur ou le militaire qui peut ainsi percevoir parfaitement son environnement, il a l'inconvénient de ne commencer à atténuer le bruit qu'à partir d'un niveau sonore de 110dB, à partir de ce niveau l'affaiblissement sera d'environ 15dB d'affaiblissement. A 150dB de niveau sonore, l'affaiblissement sera de 24dB, très insuffisant pour un salarié exposé au bruit.
- Les systèmes d'écrêtage, qui capte le bruit ambiant à l'aide d'un microphone qui analyse le niveau sonore et le restitue au travers d'un haut-parleur à un niveau plus faible. Le principal inconvénient de ces systèmes étant la restitution sous forme électronique de l'environnement sonore qui peut être difficile à accepter par le salarié perturbé par cette perception artificielle.
- Les systèmes à réduction active du bruit appelés plus communément « casque actif ». Comme dans le système précédent le son est capté et restitué au porteur de manière électronique, mais la particularité de ce principe est de renvoyer non pas un son affaibli mais un son en opposition de phase dont la résultante est d'annuler le son perçu au travers du casque par le porteur. Ces technologies permettent des affaiblissements relativement élevés, notamment dans les basses fréquences qui restent les plus difficiles à éliminer.

2.3.2 Les plages d'affaiblissements des PICB

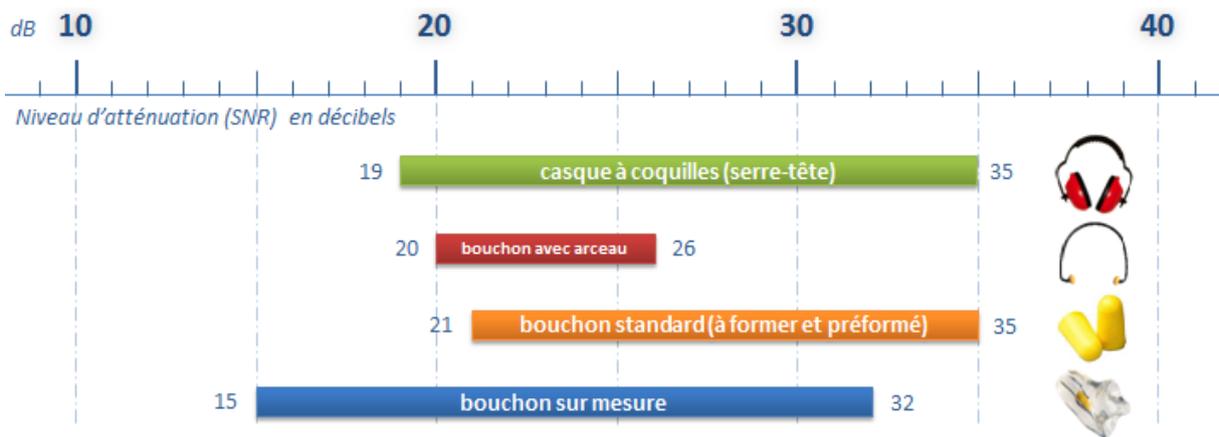


Figure 6 : Plages d'atténuations théoriques (mesures laboratoires) des différents PICB

Sur la figure 6 apparaissent les affaiblissements (minima et maxima) pour chacune des catégories de PICB. L'affaiblissement est exprimé en SNR.

Nous allons vérifier la bonne adéquation entre les plages d'affaiblissements des PICB et un niveau de bruit donné au travers de cinq simulations sur des niveaux de bruit différents. Notre objectif étant un bruit résiduel de 72dB(A) à l'oreille du salarié.

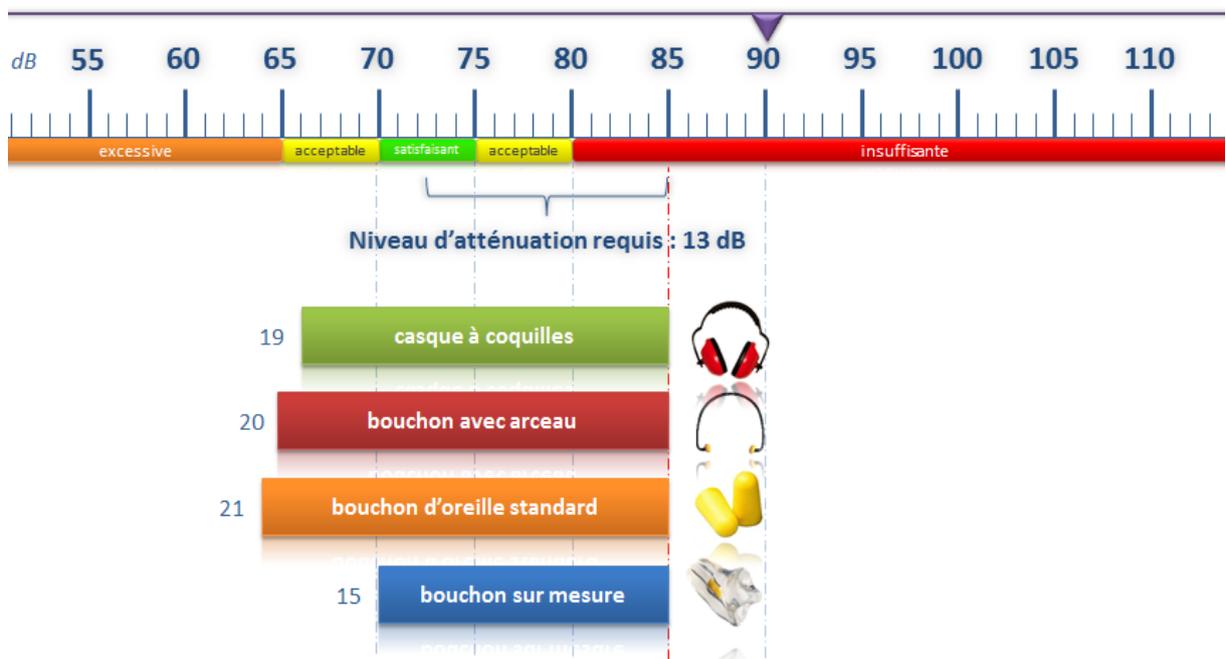


Figure 7 : Simulation d'un niveau de bruit de 90dB(A)

Nous constatons qu'à 85dB(A) tous les PICB remplissent leur tâche de protecteur contre le bruit, par contre certains modèles dépassent légèrement la zone acceptable et génère un début de surprotection.

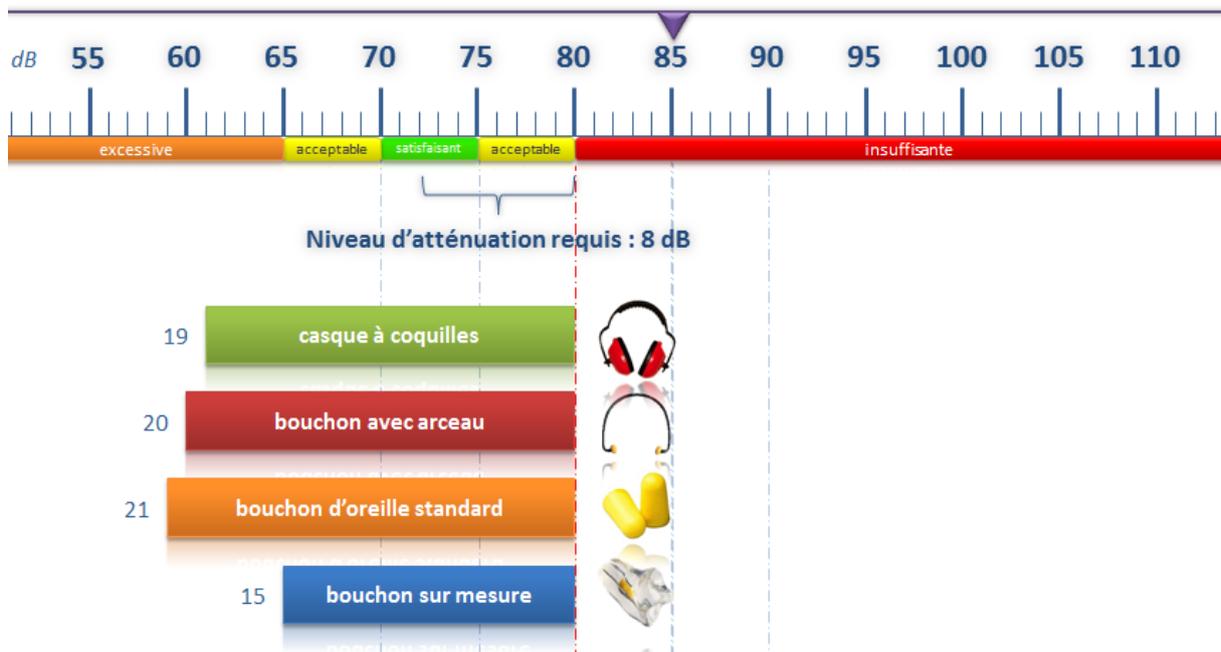


Figure 8 : Simulation d'un niveau de bruit de 85dB(A)

Dès que l'intensité faiblie nous constatons que les trois quart des PICB (en prenant toujours le modèle le moins atténuateur de la catégorie) sont trop atténuateurs, générant une protection excessive. Seuls les bouchons sur mesure restent à la limite de l'acceptable.

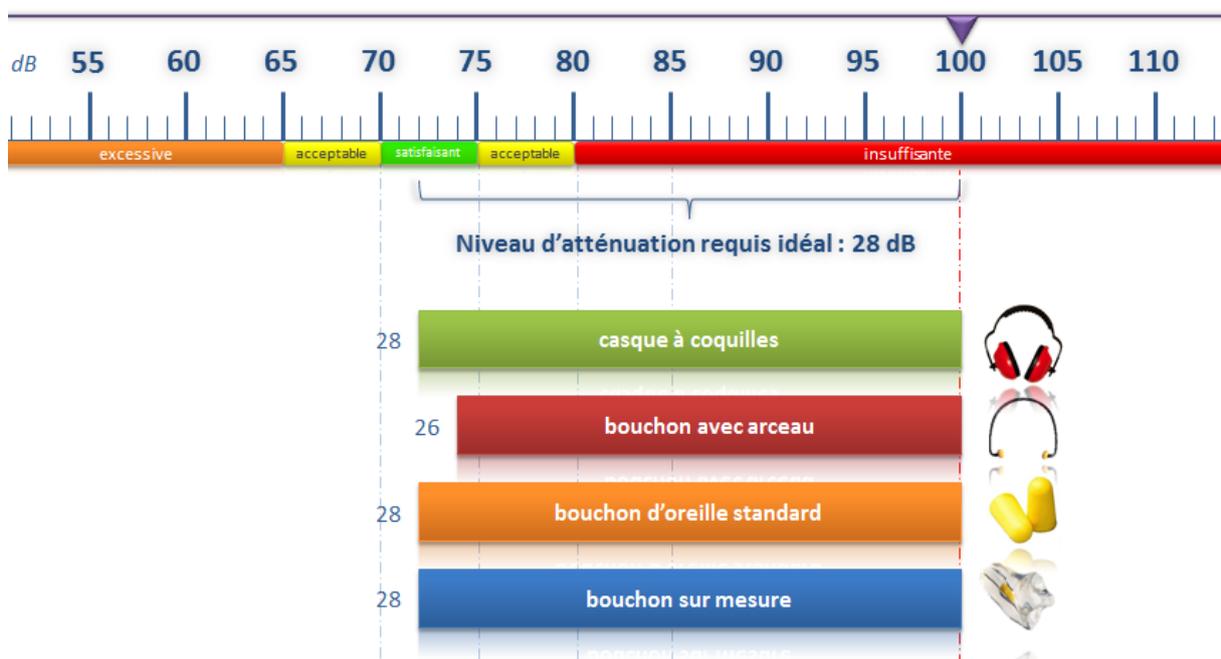


Figure 9 : Simulation d'un niveau de bruit de 100dB(A)

A un niveau assez élevé : 100dB(A) tous les PICB disposent de modèles adaptés qui répondent parfaitement aux besoins. D'après les relevés de la SUVA [10] seuls 1,2% de métiers sont soumis à des intensités supérieures à 95dB(A) pendant 8 heures.

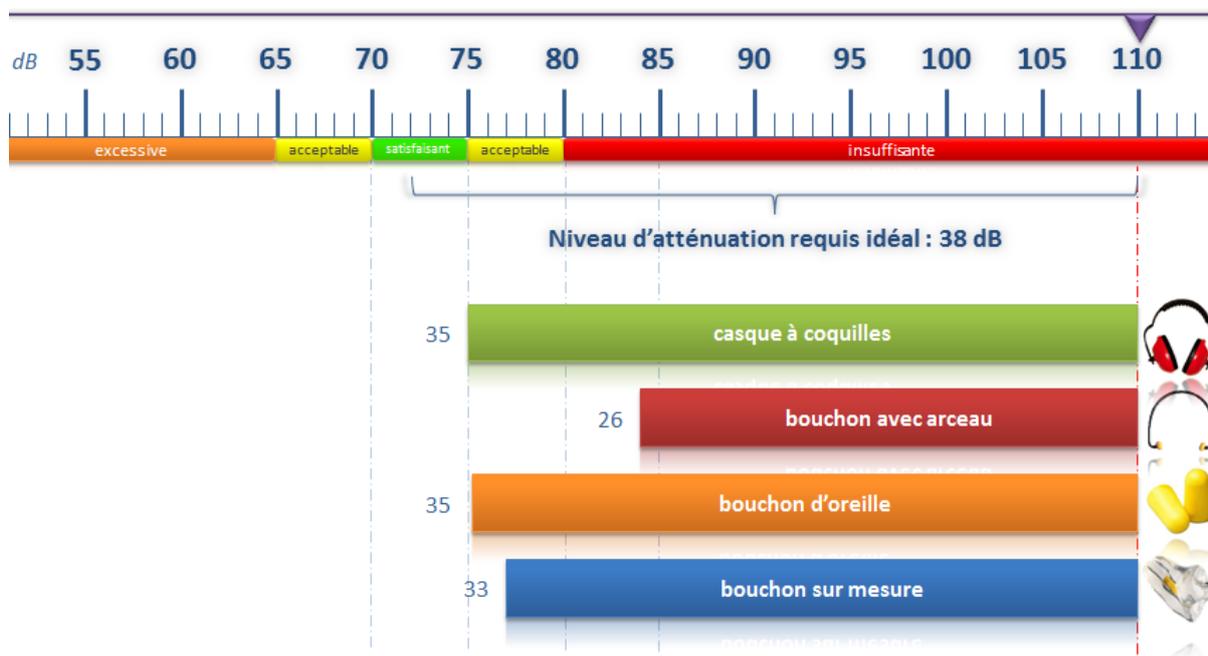


Figure 10 : Simulation d'un niveau de bruit de 110dB(A)

A 110dB(A) qui est un niveau très élevé la majorité des PICB sont adaptés, les bouchons avec arceaux ne permettent pas une protection suffisante puisqu'elle laisse en théorie un niveau de 84dB de bruit résiduel. Ce type de protecteur étant en général utilisé de manière occasionnelle cela peut suffire si le salarié n'est pas exposé en permanence à des bruits de cette intensité.

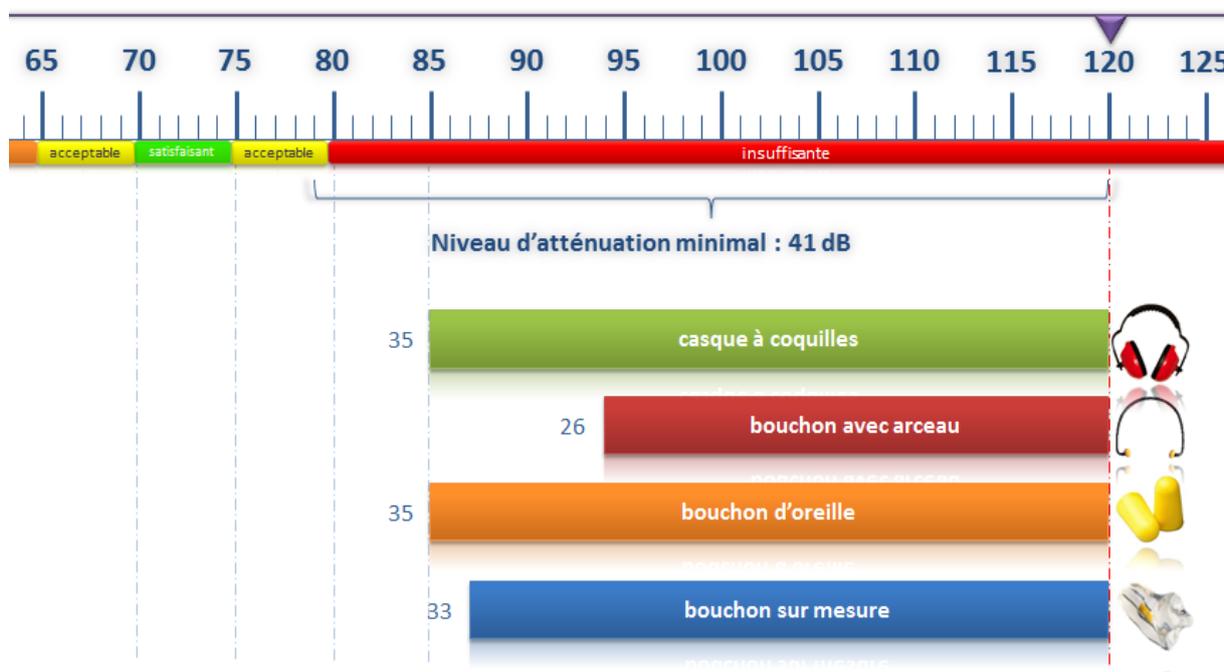


Figure 11 : Simulation d'un niveau de bruit de 120dB(A)

Nous sommes ici (Figure 11) sur un niveau de bruit excessivement élevé et assez rare. Nous notons dans cette dernière simulation que les PICB n'affaiblissent pas suffisamment à ce niveau de 120dB(A) même en ne visant qu'un niveau de protection minimal et non idéal.

Quelle solution existe-t-il dans ce cas de figure de 120dB(A) ?

- La mise en place d'une double protection (casque à coquille + bouchon) permet d'augmenter sensiblement le niveau d'affaiblissement, mais attention les affaiblissements des protecteurs ne se cumulent pas.

La formule de calcul est la suivante :

$33 \times \log ((0,4 \times \text{atténuation de l'intra}) + (0,1 \times \text{atténuation du casque}))$

(Etude A. Damongeot et al. [11])

Ce qui donne par exemple :

 +  = atténuation maximum 35dB + 32dB = 40dB

 +  = atténuation maximum 35dB + 35dB = 41dB

Figure 12 : Exemple de résultats d'une double protection

Quelles solutions restent-t-il si la double atténuation est insuffisante ?

- réduction du bruit à la source
- réduction du temps d'exposition du salarié à ces intensités élevées.

2.3.3 La théorie serait différente de la réalité ?

Nous venons d'étudier quels niveaux d'affaiblissements étaient préconisés par l'EN458 pour assurer au salarié une protection correcte sans surprotection. Nous avons également vu comment se positionnent les différentes gammes de protecteurs par rapport à ces préconisations.

Nous allons maintenant découvrir que les valeurs d'affaiblissement annoncées par les différents fabricants de PICB sont souvent bien supérieures à la réalité.

« Les valeurs d'affaiblissement acoustique réelles telles qu'elles peuvent être estimées in situ sont toujours inférieures aux valeurs d'affaiblissement acoustique obtenues à l'aide de mesures effectuées en laboratoire, quel que soit le type de protecteur. » (Kusy, 2008 [12])

Voici (figure 15) la moyenne des écarts constatés par l'étude bibliographique citées ci-dessus il s'agit d'une compilation de 6 études européennes et 21 études américaines.



Figure 13 : moyenne des écarts constatés entre les valeurs affichées et les mesures in situ (en décibels)

Pourquoi de tels écarts entre une mesure effectuée dans un laboratoire certifié et la réalité ?

Les raisons sont multiples :

1. les salariés ne sont pas formés à la mise en place du PICB, ils ne suivent pas les instructions, le bouchon n'est par exemple pas inséré profondément dans le conduit
2. les mouvements effectués par les salariés provoquent un déplacement du protecteur, lors de la mesure labo, les sujets ne doivent pas bouger
3. la forme du conduit auditif ne permet pas l'insertion d'un bouchon standard de forme cylindrique alors que le conduit est de forme ovale

4. la composition fréquentielle et la nature du bruit d'exposition in situ pourrait être une des raisons de ces écarts
5. les conditions de travail, la chaleur, provoquent aisément la transpiration sous les coussinets des serre-têtes et diminue l'étanchéité
6. les lunettes, la barbe, les cheveux longs... génèrent des fuites pour les PICB à coquilles, d'autres EPI utilisés simultanément causent des effets similaires
7. la pilosité abondante dans le conduit auditif ne permet pas d'obtenir une étanchéité parfaite
8. dans le cas de casque à coquilles, le porteur a une morphologie (mâchoire forte, os saillants, crane étroit...) qui gêne la bonne étanchéité entre les coussinets et la boîte crânienne.
9. vieillissement des protecteurs, notamment les PICB à coquilles (étude BGIA [13]) l'écart sur un PICB coquille neuf et un autre de 2 ou 3 ans peut aller jusqu'à 8dB, les mesures en labo sont réalisées sur des PICB neufs
10. le confort, la nécessité de communiquer, le design du PICB, sont également des facteurs qui modifient leur efficacité

Rainer Weiß [14] nous apporte quelques précisions concernant les mouvements effectués par les salariés évoqués dans le point n°2 ci-dessus.

Nous constatons dans cette étude (tableau 3) portant sur les écarts d'affaiblissements des bouchons sur mesure en acrylique en fonction de la position du porteur, que peu de variations de l'affaiblissement existent pour les protecteurs de type intra (interne à l'oreille) mais que des variations importantes sont détectées sur les protecteurs avec conque (protecteurs de taille plus importante qui englobent la conque de l'oreille).

Type PICB	Situation	Fréquences de mesure							
		125	250	500	1K	2K	4K	8K	SNR
Intra	Normale	20	15	25	25	35	40	35	27
Intra	Bouche fermée/ouverte Menton sur poitrine	20	15	25	25	35	40	35	27
Intra	Bouche fermée/ouverte Tête en arrière	20	15	25	20	25	35	30	25
Conque	Normale	10	15	20	25	35	30	28	25
Conque	Bouche fermée/ouverte Menton sur poitrine	5	5	18	20	25	25	23	19
Conque	Bouche fermée/ouverte Tête en arrière	0	0	0	3	2	3	5	4

Tableau 3 : Ecarts d'affaiblissements des bouchons sur mesure en fonction de la position du porteur (Weiß, 2006)



PICB sur mesure de type intra

- Aucun écart pour la position bouche ouverte/fermée avec le menton sur la poitrine
- Faible écart (2 dB sur la moyenne SNR) avec la tête baissée.



PICB sur mesure de type conque

- Ecart de 6dB pour la position bouche ouverte/fermée avec le menton sur la poitrine
- Ecart très important (21dB sur le SNR) avec la tête baissée.

2.3.4 Recommandations de décotes pour les valeurs d'affaiblissements des PICB

Au vu de ces écarts, qui peuvent pour certains PICB être importants, les organismes de préventions (INRS pour la France, IFA pour l'Allemagne, NIOSH pour les Etats Unis ...) préconisent de retrancher une valeur ou un pourcentage à l'affaiblissement du PICB affiché.

Recommandations : valeurs à retrancher de l'affaiblissement affiché par le fabricant					
Recommandations de	INRS - France		IFA - Allemagne		NIOSH - USA
Paramètres	Avec formation	Sans formation	Avec test d'efficacité	Sans test d'efficacité	
Type de PICB					
Coquille sur casque indus.	- 5 dB	- 12 dB		- 5 dB	ND
Coquille sur arceau	- 5 dB	- 10 dB		- 5 dB	- 25 %
Bouchon à former	- 5 dB	- 15 dB		- 9 dB	- 50 %
Bouchon préformé	- 5 dB	- 15 dB		- 5 dB	ND*
Protection sur mesure	- 5 dB	- 10 dB	- 3 dB	**	ND*

*ND : Non Documenté

** d'après la réglementation "Technische Regel Lärm und Vibration (TRLV Lärm)" du Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Ministère du travail et des affaires sociales) aucun protecteur sur mesure ne doit être porté, si un test d'efficacité n'a pas été effectué.

Tableau 4 : Décotes recommandées par les organismes de préventions des risques professionnels

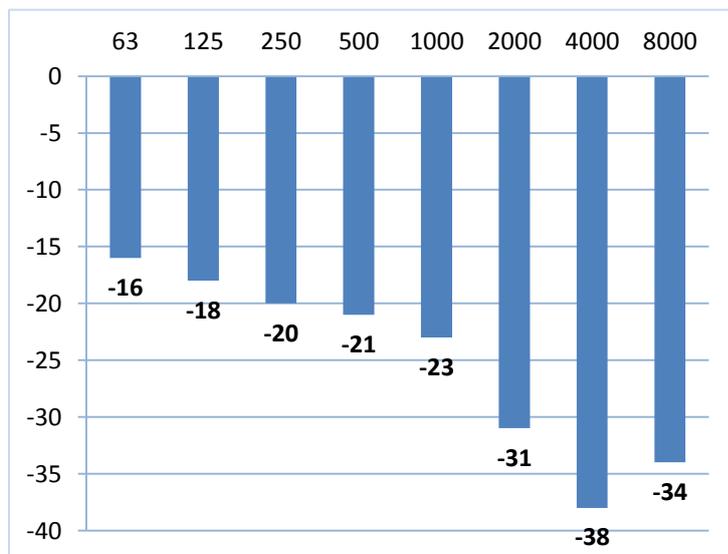
En France l'INRS recommande de doubler l'écart type qui est retranché de la moyenne (voir présentation des résultats d'affaiblissement d'un protecteur) pour faciliter la lecture des données du tableau ci-dessus, nous conviendrons que le doublement de l'écart type abouti à une décote supplémentaire de 5 dB. Il vous appartiendra ensuite dans les faits de vérifier le résultat exact de ce doublement de l'écart type à l'aide des données spécifiques du PICB que vous souhaitez étudier.

Les décotes préconisées ci-dessus assurent une base d'affaiblissement plus fiable et plus sécuritaire que les données de certification mesurées en laboratoire, mais elles n'en restent pas moins des moyennes et, comme l'imposent de plus en plus les Allemands, seule la réalisation d'un test d'efficacité du PICB à l'aide d'un système de mesure adapté, permet de savoir si un salarié est réellement protégé.

2.3.5 Les fréquences

Nous venons de voir qu'il est important de sélectionner un PICB avec un niveau d'affaiblissement suffisant pour protéger le salarié, sans que ce niveau soit excessif pour ne pas l'isoler. Une notion doit également être prise en compte : les fréquences.

Qu'il s'agisse des fréquences du bruit subies par le salarié dans son environnement de travail et pour lesquelles il faudra le protéger ou qu'il s'agisse des fréquences qu'il doit percevoir pour réaliser son travail dans de bonnes conditions (signaux, conversation...). Il est important de s'interroger sur ce point pour pouvoir le cas échéant choisir un PICB adapté.

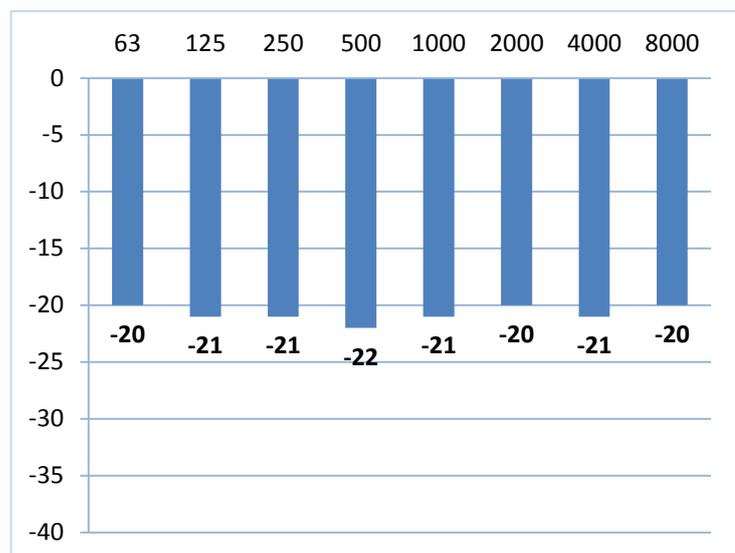


Graphique 7 : Affaiblissement d'un protecteur classique

Comme nous l'avons décrit les dB(A) prennent en compte l'amplification naturelle de notre oreille pour les fréquences aiguës. Lorsque le conduit de l'oreille est « fermé » par exemple par une protection auditive ou même par notre doigt, cette amplification des fréquences aiguës est supprimée. Résultat : une protection auditive classique atténue fortement et naturellement les bruits aiguës par le simple fait d'obturer le conduit auditif.

Dans le graphique 7 nous voyons ici la courbe d'affaiblissement d'un bouchon standard. La réduction est jusqu'à deux fois plus importante sur les 4000Hz (fréquences aiguës) que sur les 125Hz (fréquences graves).

Certaines situations (besoin de communication, perception de signaux d'alertes, pertes auditives de type scotome sur les 4000Hz...) demandent néanmoins que l'on s'attache à vérifier que le porteur ne requiert pas un PICB doté d'une atténuation à réponse uniforme. Ce type de protecteur permet un affaiblissement équivalent sur toutes les bandes de fréquences. Il est important d'être vigilant dans le choix de ce type de PICB les allégations des fournisseurs sont parfois très décalées avec la réalité (Nexer, 2011 [15])



Graphique 8 : Affaiblissement d'un protecteur à réponse uniforme

2.3.6 Comment lire un tableau des affaiblissements d'un PICB

Fréquences en Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Affaiblissement moyen (dB)	21,5	25,2	23,9	26,1	27,8	26,2	23,5	32,8
Ecart type (dB)	3,2	5,8	4,3	3,6	4	4,2	3,4	6,6
APV (dB)	18,3	19,4	19,6	22,5	23,8	22	20,1	26,2

H (dB)	22	M (dB)	22	L (dB)	21	SNR (dB)	24
--------	----	--------	----	--------	----	----------	----

Tableau 5 : Exemple d'affichage des données d'affaiblissement d'un PICB

Sur la première ligne du tableau 5 figure les 8 fréquences mesurées.

La deuxième ligne donne les moyennes d'affaiblissements mesurées sur chacune des fréquences. Cette mesure est réalisée par l'organisme certificateur, sur 16 sujets sélectionnés et entraînés.

La ligne 3 affiche les écarts types obtenus lors des mesures sur les sujets.

L'APV en ligne 4 est le résultat (affaiblissement moyen – écart type), c'est la valeur à prendre en compte. Lorsque l'INRS (en France) recommande d'enlever deux fois l'écart type, nous aurions pour les 1000Hz par exemple : $(27,8 \text{ dB} - (2 \times 4)) = 19,8 \text{ dB}$ d'affaiblissement au lieu de 23,8 dB.

Nous trouvons les moyennes sur la dernière ligne HML et SNR (voir chapitre 1.6.2 et 1.6.3)

Si nous reprenons dans le tableau 6 les décotes recommandées par les différents organismes nous aurions à partir du SNR de 24dB détaillé ci-dessus les résultats suivants :

Exemple de la décote appliquée sur un SNR de 24dB selon recommandations					
Recommandations de paramètres	INRS - France		IFA - Allemagne		NIOSH - USA
Type de PICB	Avec formation	Sans formation	Avec test d'efficacité	Sans test d'efficacité	
Coquille sur casque indus.	19 dB	12 dB	ND*	19 dB	ND*
Coquille sur arceau	19 dB	14 dB	ND*	19 dB	18 dB
Bouchon à former	19 dB	9 dB	ND*	15 dB	12 dB
Bouchon préformé	19 dB	9 dB	ND*	19 dB	ND*
Protection sur mesure	19 dB	14 dB	21 dB	**	ND*

*ND : Non Documenté

** d'après la réglementation "Technische Regel Lärm und Vibration (TRLV Lärm)" du Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Ministère du travail et des affaires sociales) aucun protecteur sur mesure ne doit être porté, si un test d'efficacité n'a pas été effectué.

Tableau 6 : Exemple de décotes sur un affaiblissement de 24dB de SNR

2.4 Critère n°3 - Le confort du porteur



Bouchon standard à façonner

Les écarts les plus importants entre les valeurs d'affaiblissement affichées et la réalité terrain sont relevés, nous l'avons vu, avec les PICB de type bouchon « à façonner ».

- ils ne s'adaptent pas à tous les conduits auditifs
- ils nécessitent un minimum de formation pour leur mise en place
- leur ajustement est en général meilleur que les bouchons préformés ou avec arceau
- salissant au contact des mains, les manipulations pour sa mise en place nécessitent un renouvellement régulier pour éviter l'insertion de saletés dans le conduit auditif.



Bouchon standard préformé

Des écarts également importants sont relevés avec les PICB de type bouchon « préformé »

- plus rapide à mettre en place que les bouchons à façonner
- la partie à insérer dans l'oreille n'a pas à être manipulée (diminution du risque d'infection)
- nécessite un entretien (lavage) régulier et soigné
- nécessité de trouver un modèle adapté à la morphologie de l'oreille sous peine d'inconfort et d'inefficacité du produit



Bouchon standard avec arceau

Efficacité limitée, le bouchon ne fait que s'appuyer sur l'entrée du conduit auditif

- pratique pour un port intermittent
- la partie à insérer dans l'oreille n'a pas à être manipulée (diminution du risque d'infection)
- nécessite un entretien (lavage) régulier et soigné



Serre-tête à coquille

Le protecteur à coquille ne présente pas de difficulté de mise en place s'il est bien réglé et récent. Bonne efficacité en termes d'affaiblissement.

- bien adapté à un port intermittent
- bonne solution en cas d'oreilles infectées ou ayant subies une intervention chirurgicale
- le pavillon doit être totalement contenu dans la coquille, attention aux branches de lunettes, aux barbes ou aux cheveux longs...
- des problèmes de transpiration peuvent gêner le salarié et favoriser le port intermittent
- génère une pression inconfortable sur le crâne



Bouchon sur mesure

Le bouchon moulé individualisé (sur mesure) est adapté à l'oreille du porteur, ce qui le rend très confortable et facile à mettre en place.

- une mise en place incorrecte est rapidement détectable par le porteur qui perçoit immédiatement une gêne
- la partie à insérer dans l'oreille n'a pas à être manipulée (diminution du risque d'infection)
- nécessite un entretien régulier et soigné
- exige la réalisation d'une prise d'empreintes par un professionnel formé à cet effet (une mauvaise qualité de prise d'empreintes réduira fortement son efficacité)

2.5 Critère n°4 - Environnement de travail et activité

Quelques exemples de contraintes :

Contraintes	Bouchon à former	Bouchon préformé	Bouchon avec arceau	Bouchon sur mesure type intra	Bouchon sur mesure type intra affaiblissement fréquentiel uniforme	Bouchon sur mesure type conque	Serre tête à coquille	Coquilles montée sur casque
Tête baissée	ND*	ND*	ND*				ND*	ND*
Cheveux longs, barbe								
Port de lunettes								
Température ambiante > 25°C								
Milieu humide								
Ecran de protection facial								
Cagoule								
Casque de protection								
Appareil/masque respiratoire								
Conduit auditif très étroit								
Besoin de communication (orale, tél.)								
Discrétion								
Besoin de protection très épisodique								

PICB bien adapté	PICB peu adapté	*ND = Non Documenté	PICB non adapté
------------------	-----------------	---------------------	-----------------

Tableau 7 : Contraintes liées aux équipements portés par le salarié, à son environnement, à son audition...

Il est important de s'assurer que l'usage d'autres équipements nécessaires à l'activité et/ou à la sécurité du salarié ne vienne pas nuire à la performance du protecteur. De même les particularités physiques du salarié (barbe, cheveux longs, port de lunettes...) ainsi que les besoins liés à son métier ou sa fonction (communication, discrétion...) soient pris en compte lors du choix du PICB.

2.6 Critère n°5 - Troubles médicaux

Avant de choisir un PICB, il est important de savoir si le salarié souffre ou a souffert de problèmes d'oreilles : irritation du conduit auditif, maux d'oreilles, écoulement de cérumen ou perte d'audition.

En cas de perte d'audition (scotome sur les 4000Hz par exemple) une atténuation à réponse uniforme peut-être conseillée.

2.7 Critère n°6 - Compatibilité avec d'autres équipements de protection individuels

Le tableau 7 compile les contraintes métier, environnementale et la compatibilité avec d'autres équipements de protections individuelles (EPI)

2.8 L'entretien des protecteurs

La norme EN 4869-2 spécifie dans son introduction :

Que les valeurs d'efficacité des PICB ne sont valables que si les PICB sont correctement entretenus.

M Rainer Weiß explique dans son étude [14] qu'il est nécessaire d'entretenir régulièrement les PICB, notamment les bouchons sur mesure (objet de son étude). Ils doivent être nettoyés pour éviter la diminution de l'efficacité des protections, des irritations et autres problèmes auditifs. Après chaque journée de travail il recommande de les nettoyer avec une lingette qui contient de l'alcool ou de les nettoyer selon les conseils du fabricant...

Concernant les casques avec coquilles nous avons vu qu'il est recommandé de changer les coussinets dans l'idéal chaque année, au maximum tous les deux ans.

La norme EN458 dans l'article 7.2 Hygiène et nettoyage, indique :

« Une contamination des protecteurs contre le bruit par des substances étrangères, des solutions, des résidus liquides, de la poussière, des particules... peut engendrer une irritation ou une abrasion de la peau. Il est recommandé au porteur de s'assurer que ses mains sont propres lors de la manipulation des protecteurs individuels contre le bruit, en particulier les bouchons d'oreille, et de solliciter un avis médical en cas d'irritation de la peau pendant ou après l'utilisation des protecteurs. Dans ce cas l'utilisation de protecteurs d'oreillettes jetables peut-être approprié, cependant il convient de noter que ce genre de dispositif peut conduire à un affaiblissement moindre.

Après utilisation, il convient que les serre-têtes tout particulièrement les oreillettes, soient nettoyés conformément aux instructions du fabricant...

Il convient de procéder avec soin au nettoyage des bouchons d'oreille réutilisables conformément aux instructions des fabricants et de les conserver ensuite dans un étui propre jusqu'à leur utilisation suivante. »

Toujours dans cette même norme EN458 l'article 7.3 intitulé « Examen et remplacement » recommande d'examiner fréquemment les PICB afin d'identifier ceux qui seraient détériorés... Il convient que les arceaux ne subissent pas de déformation intentionnelle ou accidentelle. Les oreillettes de serre-tête doivent être remplacées conformément aux instructions des fabricants dès qu'elles perdent leur forme initiale, se durcissent ou s'effritent, se fissurent ou dès la constatation d'une diminution de leurs performances pour d'autres raisons. Il est recommandé que des pièces de rechange ou des produits neufs soient disponibles rapidement.

2.9 La formation, sensibilisation

1 – Sensibiliser au risque du bruit

2 – Former à la bonne mise en place des PICB

« Il convient de donner suffisamment d’information et d’accorder une formation appropriée à toutes les personnes qui ont besoin de porter des protecteurs individuels contre le bruit. » (Thiery, 2004 [8]).

Voici un cas concret mis en avant par le Docteur Anne-Marie ROBERT médecin du travail au SMIRR de Reims (France).

L’histoire se déroule dans une entreprise de métallurgie.

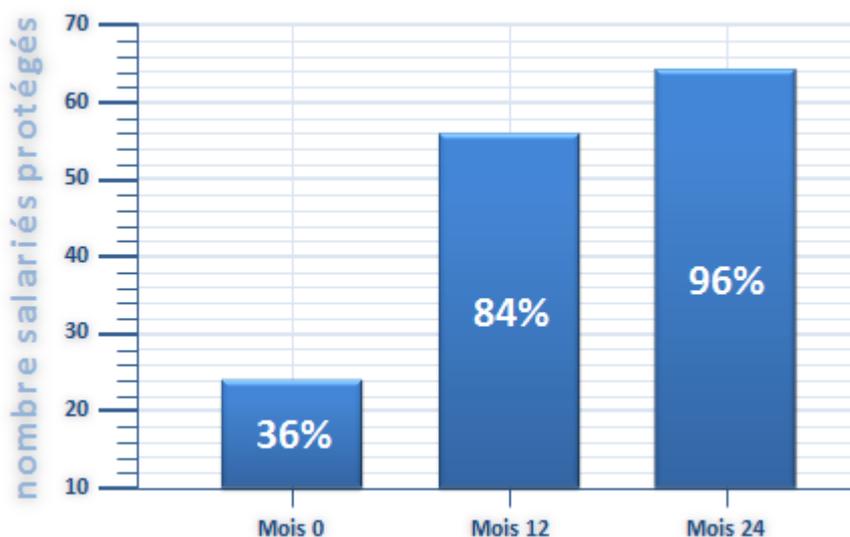
Sur 111 salariés, 67 sont exposés à des niveaux de bruit supérieurs à 85dB(A).

Mois 0 : Au départ de l’action 24 salariés portaient des PICB (bouchons standards ou casques au choix).

Mois + 12 : Grâce à une étroite collaboration du médecin et des salariés, un an plus tard 56 salariés s’étaient habitués à porter des PICB.

Mois + 18 : Dix-huit mois plus tard, au vu des bons résultats, l’entreprise décide d’investir dans des bouchons sur mesure.

Mois + 24 : En deux ans 64 salariés portent leurs protections sur mesure en permanence.



Graphique 9 : Evolution du port des PICB suite à une action de sensibilisation dans un premier temps et la mise en place de bouchons sur mesure dans un deuxième temps

confortables, les salariés sont 96% à se protéger de façon permanente.

On constate qu’avec des PICB standards, sans aucune action 36% des salariés se protègent de façon non permanente.

1 - Une première action de sensibilisation menée sur 12 mois permet de passer de 36 à 84% de salariés protégés.

2 - Une deuxième action est mise en place suite aux bons résultats : en offrant des protecteurs sur mesure plus confortables, les salariés sont 96% à se protéger de façon permanente.

2.10 Avantages et inconvénients

PICB	Avantages	Inconvénients
Serres tête à coquilles	Port intermittent	Problèmes de confort (chaleur, pression...)
	Peu de pertes	
	Mise en place simple	Efficacité réduite lors de port de lunettes, cheveux longs, barbes, morphologie du crane...
	Idéal lors d'infections ou d'opérations de l'oreille	
Affaiblissement élevé	Faible compatibilité avec d'autres EPI	
Bouchons sur mesure	Mis en place aisée	Entretien régulier
	Confort	Nécessite une prise d'empreinte réalisée par un professionnel
	Durée de vie	
	Bon ajustement	Non adapté aux oreilles malades
	Hygiène (pas de manipulation de la partie insérée dans le conduit lorsque le protecteur est équipé d'une poignée)	
	Bonne compatibilité avec d'autres EPI	
	Taux de port élevé	Investissement de départ élevé
Bouchons à former	Investissement réduit	Problème d'hygiène lors de la mise en forme si les mains ne sont pas propres
	Ajustement plus adaptable que les bouchons préformés	Risques de démangeaisons
		Renouvellement systématique
	Bonne compatibilité avec d'autres EPI	Non adapté aux oreilles malades
		Instructions de mise en place à respecter scrupuleusement
Aucun entretien	Mise en place complexe ou impossible pour certaines morphologies d'oreilles	
Bouchons préformés	Hygiène (pas de manipulation de la partie insérée dans le conduit lorsque le protecteur est équipé d'une poignée)	Prix de revient important sur le long terme
		Entretien régulier
	Investissement réduit	Non adapté aux oreilles malades
	Lavable et réutilisable	Risques de démangeaisons
	Bonne compatibilité avec d'autres EPI	Instructions de mise en place à respecter scrupuleusement
Le diamètre du bouchon doit être adapté à la taille du conduit		
	Efficacité réduite pour les conduits auditifs à forte pilosité	

2.11 Récapitulatif

	Serre tête coquilles	Bouchon à former	Bouchon préformé	Bouchon sur mesure
Coût	●●●		●	●
Confort		●	●●	●●●
Formation				●
Affaiblissement	●●	●	●	●●
Compatibilité		●●	●●	●●●
Ecologique	●		●	●●
TOTAL	6	4	7	12

Tableau 8 : Comparatif des PICB

[] Inexistant [●●] moyen à bien
 [●] faible [●●●] très bien

Coût

Mesure de l'intérêt économique sur une période de 5 ans

- le serre-tête à coquille comme nous l'avons vu doit être changé tous les 2 ans, prix de base du casque environ 25€ (50€)
- les bouchons à former est à usage unique, deux paires/jour sont consommés avec un prix moyen de 0,16€ la paire (4200 paires de bouchons sur 5 ans = 672€)
- le bouchon préformé à un prix moyen de 3,50€ la paire, renouvelé tous les mois (210€)
- la paire de bouchons sur mesure et l'ensemble des produits d'entretien pour 5 ans, prix de base 100€, auxquels se rajoutent environ 30€ de produits d'entretien par an (240€)

Confort

Estimation du confort sur une durée de port de 8 heures consécutives

Formation à la mise en place, sensibilisation assurée aux salariés

Trois étoiles ont été accordées aux bouchons sur mesure car certains fabricants assurent systématiquement la formation/sensibilisation, mais il est utile de se renseigner car tous ne le proposent pas.

Affaiblissement

Palette des affaiblissements correspondants aux niveaux d'exposition du salarié permettant de lui éviter, un risque d'exposition à des intensités sonores trop élevées ainsi que celui de surprotection. La valeur tient également compte des écarts constatés entre les valeurs affichées et la réalité.

Compatibilité avec d'autres équipements et contraintes

Voir le tableau 7, seul le bouchon sur mesure équipé d'un filtre à réponse uniforme se voit attribuer 3 étoiles en raison de sa capacité à permettre la communication et l'équipement des salariés avec une perte auditive sévère, attention ce filtre est spécifique il n'équipe qu'une faible proportion des bouchons sur mesure.

Ecologique

Aucun des PICB n'est recyclable, pas un seul ne peut même être sous-cyclé, nous analysons donc leur composition et leur volume de rejet dans l'environnement.

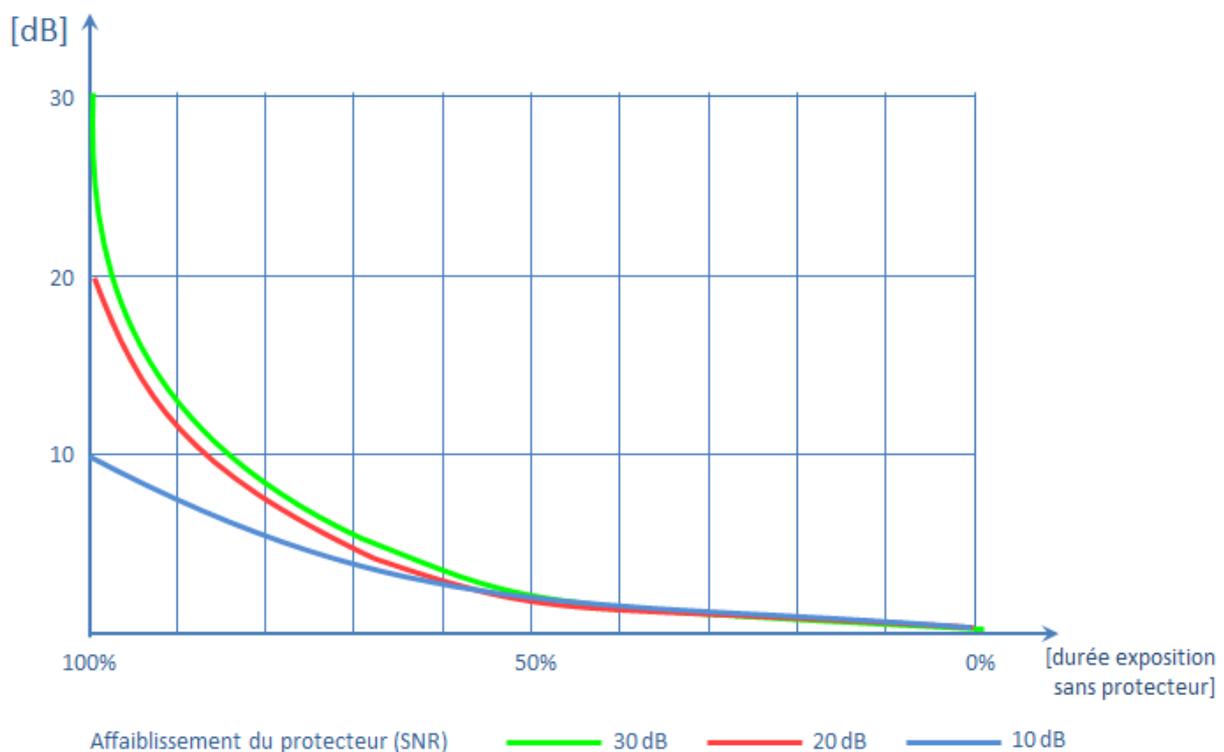
2.12 Le taux de port

Un facteur extrêmement important pour une bonne efficacité de la protection individuelle contre le bruit est la notion de taux de port. Le meilleur PICB est celui qui est porté, mais pour être réellement efficace celui-ci doit être porté de façon ininterrompue lors de l'exposition au bruit dont les niveaux sont nocifs.

Les bonnes conditions pour un taux de port à 100% :

1. Un PICB qui soit confortable
2. Un affaiblissement adapté ni trop, ni trop peu
3. Une sensibilisation du salarié au risque du bruit
4. Une formation du salarié à la mise en place du PICB

Le taux de port à 100% est vital pour préserver l'audition du salarié. Le graphique 9 montre trois protecteurs avec des affaiblissements différents.



Graphique 10 : Protection effective fournie par les PICB en fonction de la diminution de la durée du port (EN458)

Première constatation, en cas de non port, même court, la perte d'efficacité du PICB est extrêmement rapide. Dans le cas où le salarié porterait son PICB durant 50% de son temps d'exposition au bruit, l'efficacité du PICB serait d'environ 3dB, autant dire nulle.

Deux exemples concrets illustrent le graphique 9 vu page précédente et montrent l'importance de porter un PICB 100% du temps de l'exposition au bruit (figures 16 et 17).

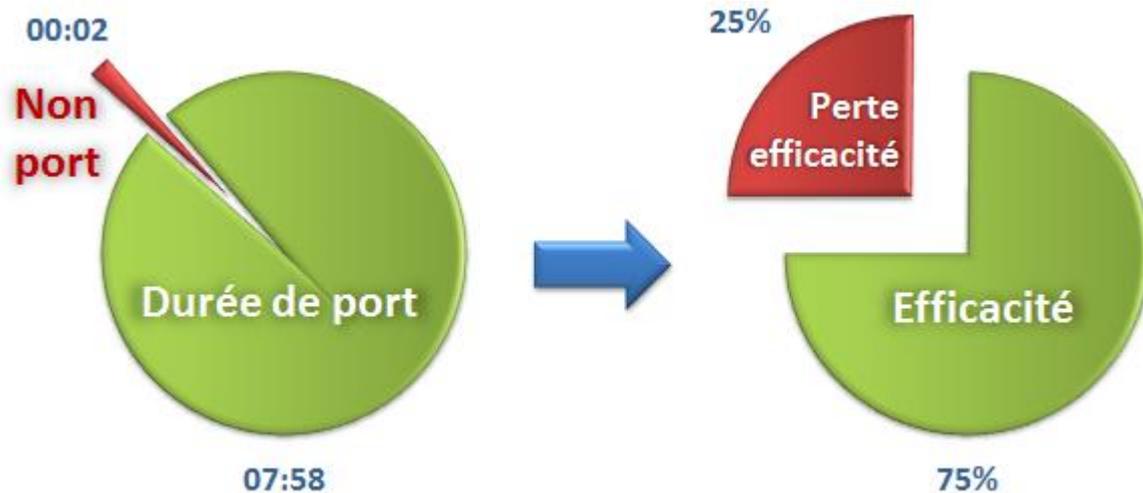


Figure 14 : Perte d'efficacité du PICB en cas de non port (exemple 1)

Dans ce premier exemple nous constatons que 2 minutes de non port du PICB sur une journée de 8 heures, l'efficacité de celui-ci est réduite de 25%.

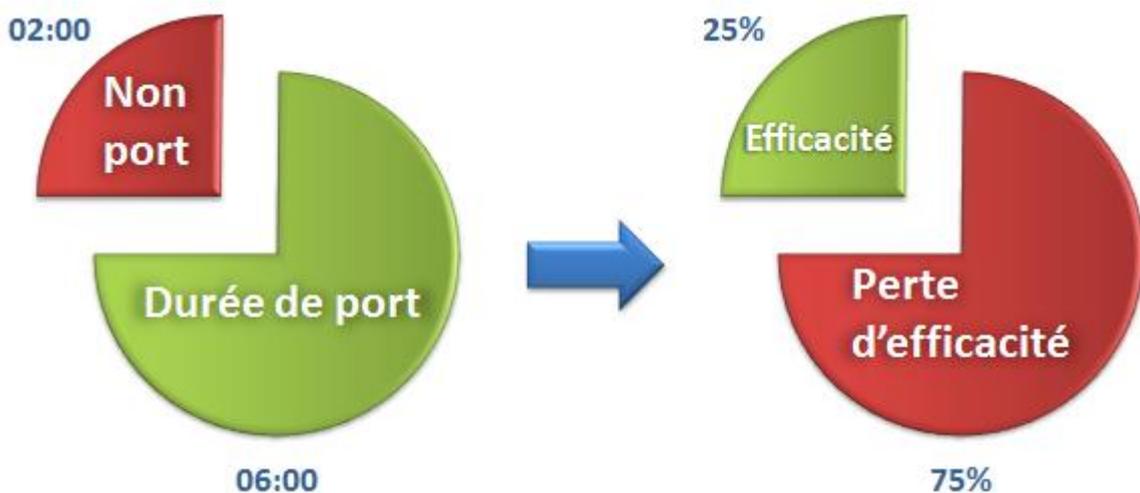


Figure 15 : Perte d'efficacité du PICB en cas de non port (exemple 2)

Le deuxième exemple illustre une perte d'efficacité quasi-totale du protecteur lorsque le port de celui-ci est interrompu ne serait-ce que 2 heures dans une journée.

3 Conclusion

Si 7 % des salariés sont exposés à des bruits nocifs au moins 20 heures par semaine, plus de 2 % de ces salariés le sont encore sans réelle protection contre le bruit. Les hommes y sont soumis 5 fois plus que les femmes, tout particulièrement dans l'industrie.

Le bruit génère de nombreuses perturbations sur l'organisme, la plus grave étant la surdité qui est irréversible. Elle est actuellement la 4^{ème} cause de maladie professionnelle et reste la plus coûteuse.

La législation qui exige des entreprises qu'elles protègent leurs salariés, s'est encore renforcée en 2006. Tout salarié doit avoir à sa disposition des protecteurs individuels contre le bruit (PICB) dès que le niveau de bruit dépasse les 80dB(A) sur 8 heures/jour. Dans le cas où ce niveau serait supérieur à 85dB(A) le port de protecteurs devient alors obligatoire et l'entreprise doit tout mettre en œuvre pour que les PICB soit portés.

Pour choisir un PICB la norme EN458 indique plusieurs critères de choix :

- Le PICB doit être certifié CE, il doit répondre aux exigences de la norme EN352 (minimum d'affaiblissement, résistance...)
- Le niveau d'affaiblissement acoustique doit être adapté aux besoins du salarié, il doit permettre une bonne protection auditive sans pour autant surprotéger son porteur. Il conviendra de minorer les affaiblissements communiqués par les fabricants, leurs données provenant de mesures réalisées par les laboratoires de certifications sont surévaluées par rapport à la réalité terrain
- Le confort. Pour être portée une protection auditive doit être confortable, une grande attention devra être apportée sur ce point
- L'environnement de travail, l'activité, la compatibilité avec d'autres équipements de protection individuels devront également être prise en compte
- Le médecin devra être consulté en cas de troubles médicaux, perte auditive ou problèmes d'oreilles.

L'entretien des protecteurs, de même que leur renouvellement devra être respecté pour s'assurer de leur bonne efficacité, éviter les problèmes d'irritations ou autres problèmes auditif.

Pour que les protections auditives soient portées, il convient de sensibiliser les salariés aux risques du bruit et de les former à la bonne mise en place des PICB qui sont à leur disposition.

Lors d'une analyse de l'ensemble des types de PICB par rapport aux différents critères étudiés, les protecteurs sur mesure semblent être les plus intéressants. Economiques sur le long terme, confortables, d'une bonne compatibilité avec le port d'autres équipements, d'une bonne réponse aux contraintes de l'activité et de l'environnement de travail des salariés.

Les serre-têtes à coquilles ainsi que les bouchons standards préformés recueillent le même nombre de points. Protection la plus économique le serre-tête pêche par un confort moyen et une incompatibilité avec certains métiers, ou le port de certains équipements de protections.

Le bouchon standard préformé est simple d'emploi, économique, compatible, mais il pêche comme le bouchon standard à façonner, d'une absence de formation à la mise en place qui génère des affaiblissements très en deçà des niveaux mis en avant par les fabricants.

Le bouchon standard à façonner et à usage unique, outre le problème de mise en place, est également le plus onéreux sur le long terme, à raison de deux paires par jour le budget avoisine les 700€ sur cinq ans.

La durée de port du PICB est le facteur le plus important, en 2 minutes de non port son efficacité est réduite de 25%.

Pour conclure, un objectif et un seul : un taux de port des PICB à 100%.

Deux conditions pour atteindre l'objectif :

- 1 – former et sensibiliser les salariés
- 2 – leur mettre à disposition des PICB adaptés.

1

objectif

Taux de port à 100%

2

conditions

1 – former, sensibiliser les salariés

2 – mettre à dispo des PICB adaptés

4 Notes et références

- [1] M. Honneger, *Science de la musique* (1976)
- [2] P. Meunier et C. Bouillon, *Mission d'information sur les nuisances sonores* (2011)
- [3] World Health Organization (OMS) – *Burden of Disease from environmental Noise – Quantify of healthy life years lost in Europe* (2011)
- [4] Rapport SUMER 2003 (surveillance médicale des risques professionnels) (2005)
- [5] DARES (Direction de l'Animation de la Recherche, des Etudes et des Statistiques) - *Accidents et conditions de travail* (2007)
- [6] P. Campo, *Bruit et agents ototoxiques* - INRS ED5028 (2005)
- [7] INRS, *Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit* - INRS ED6035 (2009)
- [8] L. Thiery, *Nouvelles dispositions relatives à la protection des travailleurs* – INRS/Préventica (2004)
- [9] P. Campo et A. Damongeot, *La pondération « A » est-elle un indicateur pertinent de la nocivité des bruits de basses fréquences ?* – INRS CDU 612.014.45 (1991)
- [10] SUVA, *Tableaux des niveaux sonores* (2010).
- [11] Damongeot, R. Lataye, A. et al., *Affaiblissement acoustique apporté par une double protection de l'ouïe (serre-tête + bouchons d'oreille)* – INRS CDU 614.892 (1990)
- [12] Kusy, *Affaiblissement acoustique in situ des protecteurs individuels contre le bruit – étude bibliographique* – INRS ND2295 (2008)
- [13] Pfeiffer, H. Kuhn et al., *Schalldämmung von Gehörschützern in der betrieblichen Praxis*. BGIA (1989)
- [14] R. Weiß, *Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGMS-Präventionsbericht 2/2006, Studie zur Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken*
- [15] G. Nexer, *Choisir un protecteur individuel contre le bruit à affaiblissement à réponse uniforme* (2011)

Annexe 1 - Quelques règles de calcul...

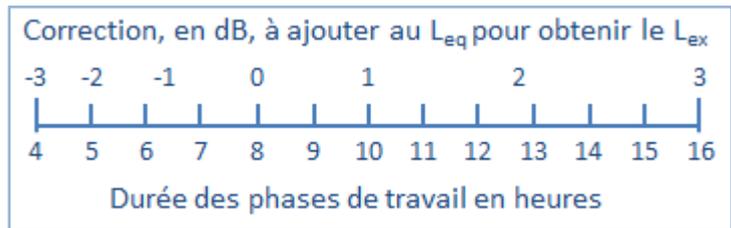
Calcul du niveau d'exposition au bruit $L_{EX,8h}$

Le salarié est exposé à un seul niveau de bruit, mais pour une période inférieure ou supérieure à 8 heures

Le $L_{EX,8}$ peut-être calculé à partir de l'équation suivante :

$$L_{EX,8} = L_{eqT} + 10\text{Log}(T/8)$$

Où T est la durée du poste en heures.



Nous obtiendrons le même résultat avec la règlette de la figure A1 où sont indiquées les corrections en dB à apporter au L_{eq} selon les différentes durées des postes.

Les chiffres du bas représentent la durée réelle du poste de travail, ceux du haut les indices de correction correspondants à ajouter au L_{eq} du poste pour obtenir le $L_{EX,8}$.

Prenons par exemple un poste de 10 heures, la règlette donne une correction de 1 dB(A) pour le L_{eq} . Un salarié exposé à un niveau mesuré de 88 dB(A) pendant 10 heures aura un $L_{EX,8}$ de 88 dB(A) + 1 = 89 dB(A).

Pour un poste de 12 heures nous aurions (88 dB(A) + 1,7 = 89,7 dB(A).

Additionner plusieurs niveaux sonores

Les niveaux sonores ne s'additionnent pas de façon linéaire, mais de façon logarithmique.

Exemple 85dB + 85dB ne donnent pas 170dB mais 88dB, à chaque doublement du niveau il faut ajouter 3dB.

Mais qu'en est-il lorsque les niveaux à additionner ne sont pas équivalents ?

Nous pouvons :

Soit faire la sommation suivante : $10 \cdot \log(10^{S1/10} + 10^{S2/10} + \dots + 10^{Sn/10})$

Soit utiliser le tableau A1

Prenons un exemple :

Nous mesurons à un point donné la contribution de 3 sources sonores produisant chacune :

- source n°1 : 78dB
- source n°2 : 87dB
- source n°3 : 89dB

Différence entre les 2 niveaux sonores à additionner	Correction à ajouter au niveau le plus élevé
0	+ 3
1	+ 2,54
1,5	+ 2,32
2	+ 2,12
2,5	+ 1,94
3	+ 1,75
4	+ 1,45
5	+ 1,20
6	+ 0,97
7	+ 0,78
8	+ 0,63
9	+ 0,51
10	+ 0,41
12	+ 0,27
14	+ 0,17
16	+ 0,11
18	+ 0,07
20	+ 0,05

Tableau A1 : Addition de plusieurs niveaux sonores. Correction à ajouter à la valeur la plus élevée

Le niveau sonore global une fois que les 3 sources sonores émettront en simultanée sera, après calcul des différences entre les 3 niveaux sonores classés en ordre croissant :

Nous prenons les 2 sources les plus faibles : $87 - 78 = 12$ soit une correction de + 0,27 dB (tableau A1) à ajouter au niveau le plus élevé (87dB). Ce qui nous donne $87 + 0,27 = 87,3$

Nous prenons ensuite la valeur la plus élevée et calculons la différence avec le résultat précédent : $89 - 87,3 = 1,7$ soit une correction de + 2,32 dB (voir tableau A1) à ajouter au niveau le plus élevé (89dB)

Le niveau global sera d'environ $(89 + 2,32) = 91,3$ dB

On ajoute trois décibels lorsque l'on additionne deux bruits qui ont la même intensité. Lorsque la différence entre deux bruits est supérieure à dix décibels, la somme des deux bruits est égale au bruit le plus élevé.

Durée d'exposition au bruit

Niveau sonore en dB(A)	Durée d'exposition maximale en h.
80	08:00:00
83	04:00:00
86	02:00:00
89	01:00:00
92	00:30:00
95	00:15:00
98	00:07:30
101	00:03:45
104	00:01:22
107	00:00:41
110	00:00:20

Nous l'avons vu le doublement d'un niveau de bruit n'augmente son niveau en décibels que de 3dB. Ce critère s'applique aussi aux doses quotidiennes de bruit définies par un niveau de bruit et une durée d'exposition.

Nous pouvons dire que « si le niveau de bruit est doublé (+3dB), la dose de bruit reste inchangée si la durée d'exposition est elle réduite de moitié ».

Tableau A2 : Correspondance entre le niveau de bruit et l'exposition maximale (en l'absence de toute autre exposition au bruit)

Plusieurs fichiers Excel reprenant ces calculs acoustiques et d'autres sont disponibles en téléchargement à l'adresse suivante : <http://siteExpert/calculs-acoustiques>