

Atelier : Protecteurs individuels : Utilisation pratique et confort

Contraintes d'adaptation des équipements de protection individuelle contre le bruit

Christian Renard
Laboratoire RENARD
50, rue Nationale
59000 Lille
France
Tel. : 03 20 57 85 21

Résumé

L'adaptation et le port d'Équipements de Protection Individuelle contre le bruit sont soumis à certaines contraintes liées notamment à la gêne physique, à l'effet d'occlusion et à l'atténuation acoustique. Ces contraintes qui concernent l'ensemble des Équipements de Protection Individuelle contre le bruit sont souvent mises en avant par les personnels concernés pour expliquer un non-port de leurs protections. Elles doivent donc être parfaitement maîtrisées lors du choix et de l'adaptation d'une protection contre le bruit, afin de permettre un port confortable et efficace, et de prendre les bonnes dispositions en cas de problème de tolérance pour un utilisateur.

Summary

The adaptation and the wearing of Individual Hearing Protectors are subjected to some constraints, in particular physical discomfort (at rest or when body or head moves), acoustic attenuation (for speech and various noises) and occlusion effect (bound to the shutting of the auditory canal by the hearing protector). These constraints which relate to different kinds of Individual Hearing Protectors are often put forward by the concerned staff to explain why they don't wear their hearing protectors. These potential constraints must thus be controlled perfectly when a hearing protector is chosen and fitted, in order to allow a comfortable and effective wearing, and to make the necessary arrangements in case of problem of tolerance for a user.



L'évolution de la réglementation concernant les conditions d'exposition au bruit dans le cadre professionnel et une plus grande sensibilisation des professionnels et des personnes concernées favorisent une meilleure prise en compte de ce problème dans les entreprises. En parallèle des dispositifs de réduction du bruit à la source et d'une meilleure gestion de l'acoustique architecturale, l'importance du port d'Équipements de Protection Individuelle contre le bruit est aujourd'hui bien maîtrisée. Une réglementation précise un certain nombre de contraintes concernant ces équipements de protection, et de nombreuses évolutions apparaissent dans les procédés de conception, de fabrication et d'adaptation de ces dispositifs. Toutefois, de nombreuses études montrent que certaines contraintes propres aux différents types de protecteurs limitent souvent leur port effectif par les personnels concernés. Ces contraintes varient selon le type de protecteur utilisé, les conditions d'exposition au bruit, les besoins d'écoute, le niveau d'audition, les caractéristiques d'une éventuelle perte auditive, le port d'un appareillage auditif...

Les évolutions techniques des dispositifs existants, notamment en ce qui concerne les conditions d'affaiblissement des différents signaux, permettent de proposer des équipements de mieux en mieux adaptés aux conditions d'exposition au bruit et aux contraintes d'écoute

des personnels concernés par le port de ces protections. D'autres contraintes très importantes liées au confort physique et à l'effet d'occlusion existent également. Dans le cas où le port de protections individuelles contre le bruit doit être envisagé, il faut donc prendre en compte ces différents aspects avant de choisir et de proposer les matériels les mieux adaptés. Il faudra ensuite contrôler individuellement le port effectif des protecteurs ; dans le cas où un problème est rencontré avec une personne, il faut analyser précisément l'origine de celui-ci pour tenter de le résoudre. Dans cette optique, l'objet de ce travail est d'aborder succinctement mais concrètement quelques-unes des contraintes susceptibles de poser des difficultés de port (en terme de confort ou d'efficacité) des différents dispositifs de protections individuelles contre le bruit.

Système auditif et Protecteurs individuels

Les caractéristiques anatomiques, physiologiques et physiopathologiques du système auditif jouent bien évidemment un rôle essentiel dans le choix, l'adaptation, le confort de port et l'efficacité des protecteurs individuels contre le bruit. Nous ne détaillerons pas ici l'ensemble de ces éléments, seuls quelques points particuliers seront abordés ci-après.

Anatomie de l'oreille externe

Certains aspects anatomiques de l'oreille externe ont une influence majeure sur le confort physique lors du port de protecteurs contre le bruit, particulièrement au niveau du conduit auditif externe qui comporte une portion fibrocartilagineuse (partie externe) et une portion osseuse (partie interne) qui présentent des degrés de mobilité et d'élasticité très différentes. [11][20][25]

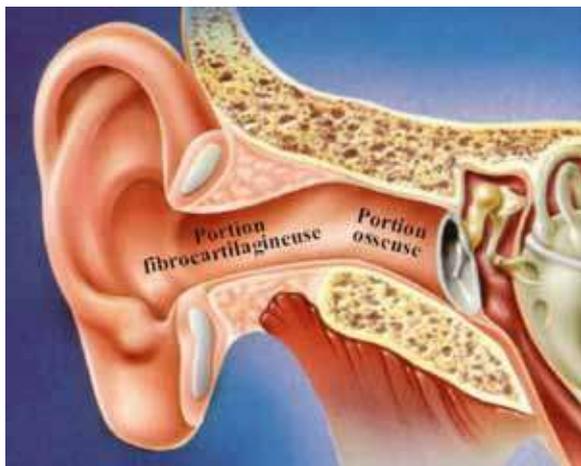


Fig. 1 : Schéma de l'oreille et détails du conduit auditif externe

Lors de la production de parole et lors de la mastication, des mouvements vont se produire, essentiellement dans la partie fibrocartilagineuse du conduit auditif externe. C'est essentiellement sur le plan antéro-postérieur, dans la partie externe du conduit, que les modifications de l'anatomie du conduit auditif sont constatées. Les analyses des variations de proportion du conduit auditif externe mettent en évidence pour certains sujets des modifications de l'ordre de 25 % du diamètre du conduit auditif lors de mouvements d'ouverture de la bouche et soulignent les grandes différences interindividuelles dans ces variations.

On retrouve donc de très grandes variations interindividuelles en ce qui concerne les données anatomiques de l'oreille externe, notamment au niveau de la forme, des dimensions, de la texture et de l'élasticité du conduit auditif externe. Ces aspects jouent évidemment un rôle important en ce qui concerne le port de protecteurs individuels de type bouchons standards et embouts sur mesure, au niveau du confort physique et de la tenue du protecteur dans le conduit. Leur choix et leur adaptation devront donc bien prendre en compte ces différents paramètres individuels.

Résonances naturelles de l'oreille

Le pavillon, la conque et le conduit auditif de l'oreille externe possèdent la particularité physiologique de jouer un rôle d'amplificateur pour les signaux de fréquences aiguës (on parle de fonction de transfert). [5][13][14][16][23][24][36].

Le Gain Naturel de l'Oreille Externe (GNO) correspond à la somme des résonances naturelles du pavillon, de la conque et du conduit auditif, ces résonances étant liées aux caractéristiques anatomiques de ces structures. Le conduit auditif externe joue le rôle le plus important dans ces résonances (Fig. 2).

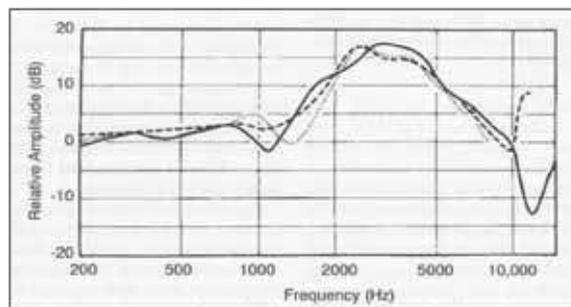


Fig. 2 : Moyenne des fonctions de transfert du conduit auditif externe relevé dans trois études. Mehrgardt S., Meller V., 1977

Le placement sur ou dans l'oreille d'un protecteur contre le bruit va modifier cette résonance naturelle (qui contribue à notre audition) ; cet effet va varier selon le type de protecteur utilisé :

Les casques antibruit. Leur conception et leur positionnement laissent libre la conque et le conduit auditif externe, les résonances naturelles de ces deux organes sont donc maintenues. Celle liée au pavillon est affectée de manière variable (elle peut être partiellement conservée), en fonction de la forme et de la taille du casque. En comparaison avec d'autres types de protections (bouchons standards et embouts sur mesure) qui annulent une grande partie de cet effet d'amplification naturelle de l'oreille externe, les casques devront donc apporter une atténuation acoustique supérieure sur les fréquences aiguës concernées par ces résonateurs afin d'obtenir les mêmes valeurs d'atténuation réelle.

Les bouchons standards. De formes variables et fabriqués dans divers matériaux (fibres végétales ou minérales, mousses polymères, résines, silicones...), ces bouchons se placent dans le conduit auditif externe. Celui-ci est donc obturé (différemment selon les bouchons) et sa résonance naturelle est donc partiellement ou totalement annulée. L'atténuation acoustique propre au bouchon se majore donc de la suppression de cette résonance.

Les embouts sur mesure réalisés à partir d'une empreinte de l'oreille se placent eux aussi dans le conduit auditif et ils bénéficient donc également de la suppression de la résonance du conduit auditif externe.

Effet d'occlusion et otophonie

Description de l'effet d'occlusion

L'effet d'occlusion résulte de la fermeture du conduit auditif externe ; il peut provoquer un phénomène d'otophonie qui est une des contraintes posées par le port de protecteurs individuels contre le bruit. Cette otophonie se traduit par une résonance de sa propre voix et une perception excessive des bruits de mastication et des bruits de pas lors de la marche.

C'est un problème essentiel puisqu'il est souvent la cause de l'abandon du port de protecteurs individuels contre le bruit. Pour bien prendre en compte ce phénomène d'otophonie, il faut comprendre les mécanismes impliqués.

Lorsque nous parlons, mangeons, marchons... des vibrations se propagent dans notre squelette. Certaines de ces vibrations « s'échappent » par l'ouverture du conduit auditif externe puisqu'il n'y a à ce niveau aucune résistance par rapport à celle du tympan.

Les vibrations « sortent » donc du conduit auditif externe sans mobiliser le tympan, donc sans être transmises par la voie aérienne. Pour simplifier, on peut dire que si le conduit auditif est ouvert, nous n'entendons pas ces vibrations.

Si un corps étranger, par exemple un bouchon antibruit, ferme le conduit auditif, les vibrations présentes dans la cavité résiduelle (l'espace entre l'extrémité interne du bouchon et le tympan) vont faire vibrer le tympan (sa résistance est inférieure à celle du bouchon) et sont donc transmises par l'oreille moyenne (figure 3).

Cet effet d'occlusion est un élément fondamental parmi les différentes contraintes posées par le port de protecteurs individuels, puisqu'il concerne potentiellement toutes les personnes équipées de bouchons standards et d'embouts sur mesure, et qu'il est souvent à l'origine de l'abandon du port de ces protecteurs. Les mesures prises pour tenter de résoudre cette contrainte ne sont d'ailleurs malheureusement pas toujours bien adaptées. [31]

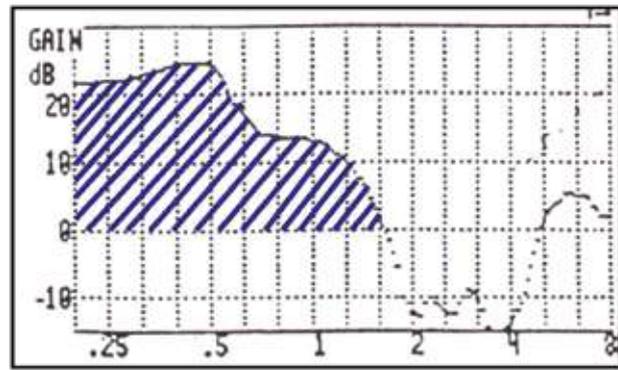


Fig. 4 : Effet d'occlusion lors de l'émission de la voyelle « i » par un locuteur masculin

La figure 5 proposée par Gelfand (1997) correspond aux valeurs moyennes à différentes fréquences de l'effet d'occlusion relevées dans quatre études. [13]

Cette majoration correspond donc à ce que le sujet va entendre « en plus » de sa propre voix et qui sera souvent décrit comme une résonance gênante à laquelle il est difficile de s'habituer.



Fig. 3 : Représentation de la propagation des vibrations dans le conduit auditif
À gauche, oreille ouverte ; À droite, oreille occluse

Acoustique de l'effet d'occlusion

Il est possible de mesurer la répercussion acoustique de cet effet d'occlusion sur sa propre voix. On demande à un sujet d'émettre un son de parole (par exemple une voyelle tenue), un enregistrement externe contrôle la stabilité du signal acoustique. Une sonde microphonique placée dans le fond du conduit auditif mesure ce signal de parole à proximité du tympan et compare les relevés oreille ouverte/oreille fermée. L'écart relevé correspond à l'effet d'occlusion. [18]

La figure 4 correspond à l'effet d'occlusion mesuré lors de la tenue de la voyelle « i ». La majoration du signal est très importante sur les fréquences graves (plus de 20 dB jusqu'à 500 Hz), elle décroît progressivement sur les fréquences moyennes (environ 13 dB à 1 000 Hz) pour devenir nulle vers 1 700 Hz dans cette analyse.

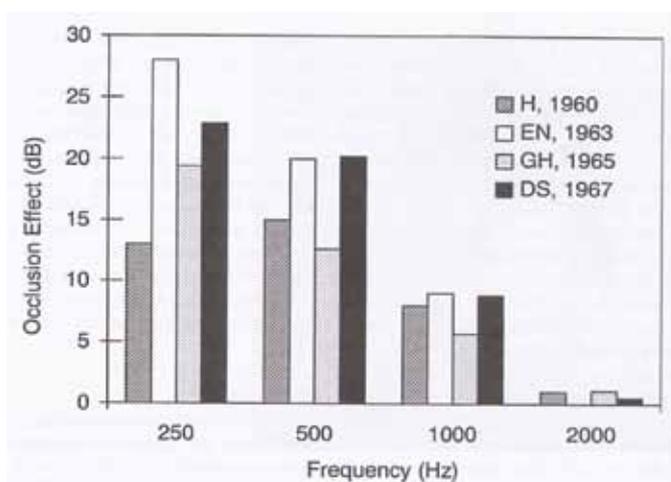


Fig. 5 : Moyenne des effets d'occlusion à différentes fréquences dans quatre études Gelfand S., 1997

Sujets sensibles à l'effet d'occlusion

La gêne liée à cet effet d'occlusion est conditionnée par le niveau d'audition du sujet sur les fréquences graves et moyennes. Si le sujet est normo-entendant sur ces fréquences, il va percevoir l'entièreté de cet effet d'occlusion. A contrario, plus son niveau d'audition est dégradé sur ces fréquences, moins il est gêné par cette occlusion. La zone hachurée en bleu sur la figure 6 correspond à la zone audiométrique potentiellement sensible à l'effet d'occlusion : si la courbe tonale d'un sujet traverse cette zone, il peut être gêné par l'occlusion de son conduit auditif.

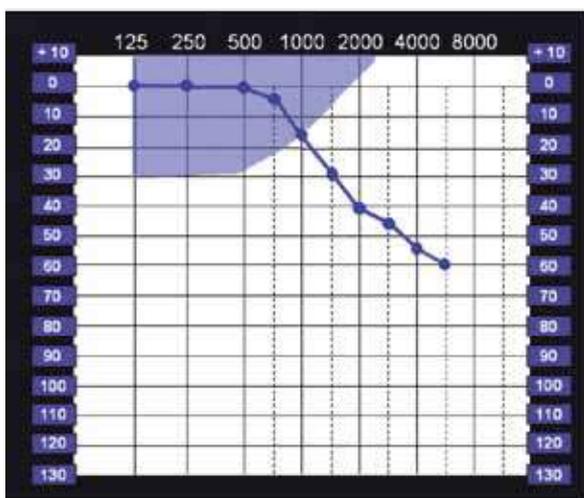


Fig. 6 : Zone et courbe audiométriques sensibles à l'effet d'occlusion

Influence d'une ventilation dans la protection sur l'effet d'occlusion

Le fait de laisser un orifice traverser le protecteur antibruit modifie partiellement l'effet d'occlusion (une partie des vibrations s'échappe par cet orifice). Cette influence est très minime puisqu'il faut un diamètre d'ouverture important pour réduire significativement l'effet d'occlusion. La figure 7 représente les niveaux mesurés en fond de conduit lors de

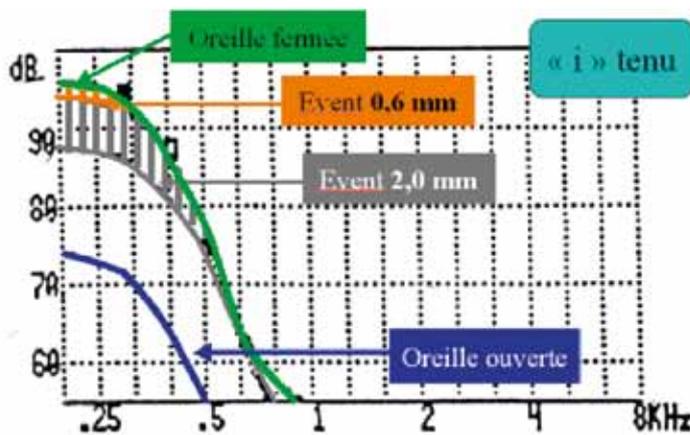


Fig. 7 : Principe et effets d'occlusion mesurés pour différentes fermetures du conduit auditif

la tenue de la voyelle « i » avec une oreille ouverte (courbe bleue), occluse par un embout plein (courbe verte) et par un embout ventilé à 0,6 mm (courbe orange) et 2 mm (courbe grise). On constate que l'évent de 0,6 mm n'a quasiment aucune influence et que l'ouverture de 2 mm (incompatible avec une protection anti-bruit efficace sur les fréquences graves et moyennes) ne diminue que partiellement l'effet d'otophonie. Le perçage d'une ouverture de faible diamètre à travers le protecteur (type bouchon ou embout) ne constitue donc pas une solution pour réduire la gêne liée à l'otophonie. [22][28][38][39]

Influence du positionnement de la protection dans le conduit auditif sur l'effet d'occlusion

Le positionnement du protecteur dans l'oreille joue un rôle majeur au niveau de l'effet d'occlusion : les vibrations se propagent dans le conduit exclusivement par la portion fibrocartilagineuse (la partie externe), la portion osseuse, en étant exempte. La profondeur d'insertion du protecteur antibruit influe donc considérablement : plus l'insertion est courte, plus la portion fibrocartilagineuse du conduit est laissée libre, et donc plus elle génère de vibrations dans la cavité résiduelle.

À l'inverse, une insertion profonde évite cet inconvénient et une occlusion du conduit auditif dans sa partie osseuse (profonde) supprime totalement ce phénomène d'otophonie. Pour les casques antibruit, c'est le volume occlus qui influe, la pire des situations étant de fermer l'oreille au niveau du tragus. Le fait de laisser une cavité ouverte plus grande diminue l'effet d'occlusion. La figure 8 présente les différences au niveau de la portion fibrocartilagineuse du conduit entre une insertion courte et une insertion profonde du protecteur. La figure 9 proposée par Berger (1983) fait la relation entre le volume occlus et l'importance de l'effet d'occlusion.

La profondeur d'insertion du protecteur antibruit (bouchons et embouts) doit donc être privilégiée pour éviter la gêne liée à l'occlusion du conduit. Lors de la fabrication d'un embout antibruit, les données apportées par l'empreinte de l'oreille doivent être exploitées très précisément pour réaliser le meilleur compromis entre embout trop court (gêne par l'occlusion et atténuation limitée) et embout trop profond (gêne physique)[6][19].

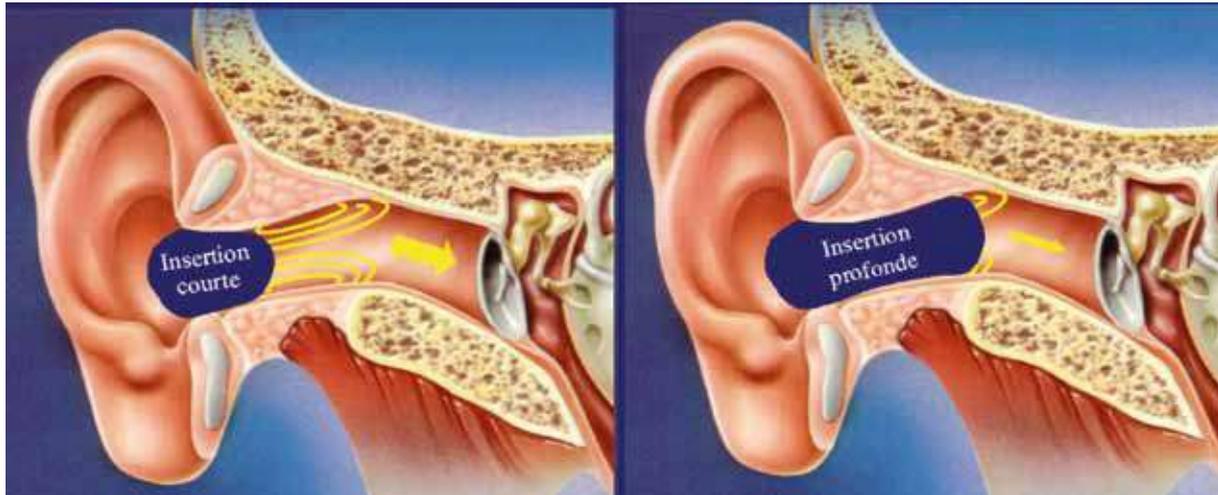


Fig. 8 : Insertions différentes d'un protecteur dans le conduit auditif

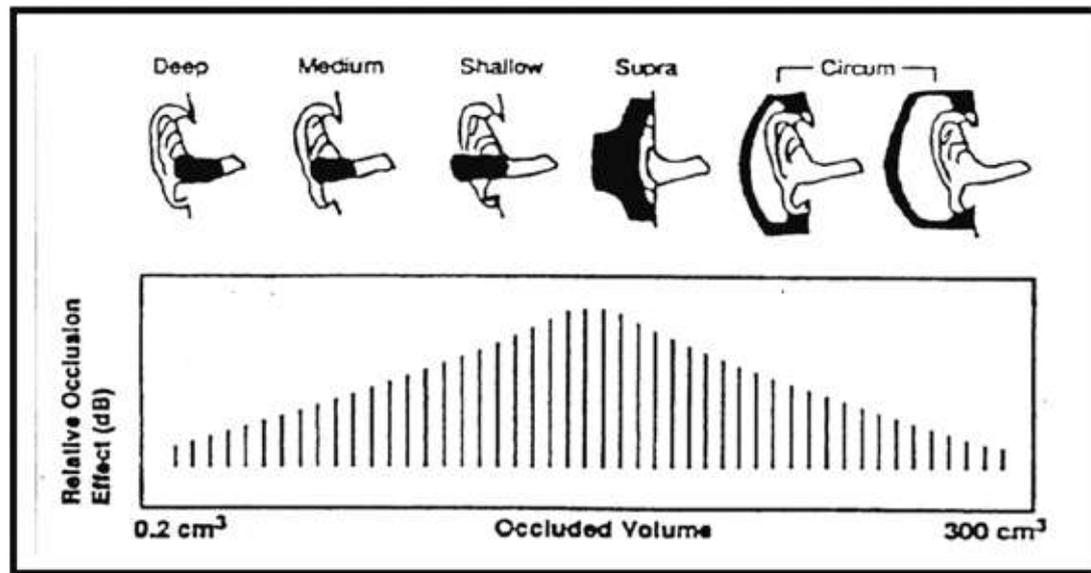


Fig. 9 : Relation entre volume occlus et effet d'occlusion Berger E.H., 1983

Contraintes liées à la fabrication sur mesure des embouts antibruit

Importance de la prise d'empreinte de l'oreille

La qualité de l'empreinte de l'oreille réalisée pour la fabrication des embouts antibruit sur mesure est fondamentale. Elle permet de prendre en compte de nombreuses contraintes intervenant sur le confort et l'efficacité du protecteur. Elle doit donner au prothésiste qui fabriquera l'embout toutes les informations indispensables à une parfaite réalisation.

Elle doit systématiquement être profonde, et renseigner très précisément sur les portions fibrocartilagineuse et osseuse du conduit auditif externe. Les particularités

de l'oreille (texture, mobilité, élasticité...) devront être renseignées en complément de cette empreinte.

Risques lors de la prise d'empreinte de l'oreille

La prise d'empreinte de l'oreille, réalisée en injectant un produit se durcissant en quelques minutes, comporte de nombreux risques. La sensibilité et la fragilité de la zone concernée (notamment celle de la partie interne du conduit auditif et de la membrane tympanique) doivent inciter à une grande prudence et des conditions d'hygiène strictes et de sécurité doivent être impérativement respectées.

Cette prise d'empreinte de l'oreille ne peut être réalisée que par un professionnel dûment formé et compétent.

Atténuation acoustique des équipements de protection individuelle contre le bruit

Données générales

Les caractéristiques acoustiques d'atténuation du bruit d'un équipement de protection individuelle constituent évidemment son caractère principal. Les particularités des différents dispositifs influent sur le traitement appliqué à un signal acoustique en fonction de sa nature, de ses caractéristiques temporelles, fréquentielles et d'intensité, de sa localisation...

Ces dispositifs ont pour double mission :

- De protéger efficacement le sujet face aux bruits d'environnement ;
- De maintenir (voire de restaurer) une perception auditive suffisante pour assurer au sujet une bonne fonction d'alerte en lui permettant de percevoir, d'identifier et de localiser les éléments pertinents de son environnement sonore (qui peuvent être des bruits ou des signaux de parole).

Ces deux contraintes doivent être parfaitement prises en compte pour le choix et l'adaptation des équipements de protection individuelle contre le bruit. [8][9][12][13][17][26][27][29][30][35][37] Ne pas remplir favorablement une de ces deux exigences (et donc ne pas protéger suffisamment ou trop diminuer la perception de sons importants à entendre) constitue une inadéquation du dispositif de protection contre le bruit. Plusieurs éléments seront à prendre en considération, notamment :

- Les caractéristiques acoustiques du bruit ;
- Les besoins d'écoute ;
- Les conditions d'exposition ;
- Le niveau d'audition de la personne concernée.

Protecteurs antibruit passifs et actifs

Les protecteurs antibruit passifs ne contiennent pas de dispositif électronique permettant une réduction automatique active de certains bruits. Ce sont entre autres la structure, la forme, les matériaux utilisés et le positionnement dans l'oreille qui déterminent l'atténuation acoustique. Afin d'adapter ces niveaux d'atténuation, des filtres acoustiques qui atténuent différemment les fréquences peuvent être placés dans ces protecteurs ; on parle alors de protections antibruit passives sélectives. Certains filtres agissent différemment selon l'intensité du signal (les signaux forts sont davantage atténués que les signaux faibles), l'action du protecteur antibruit est alors qualifiée de non linéaire [15][21]. Les protecteurs antibruit actifs comportent un dispositif électronique permettant une réduction automatique active de certains bruits. Ce type de protecteur présente un intérêt majeur dans certains environnements sonores et pour des contraintes d'écoutes particulières. De nombreuses évolutions technologiques permettent actuellement un développement important de ces dispositifs [2][4].

Mesures et interprétations des valeurs d'atténuation acoustique

Les valeurs d'atténuation acoustique attribuées à un protecteur individuel contre le bruit sont définies selon une

réglementation précise. Avant de pouvoir être mis sur le marché, un protecteur fait donc l'objet d'analyses et de mesures qui permettent d'obtenir ces valeurs d'atténuation. Ces mesures peuvent être objectives (réalisés à l'aide de microphones ou de sondes, sur matériel ou directement dans l'oreille du sujet) ou subjectives (par exemple en comparant des niveaux de seuils auditifs avec et sans la protection) [6][7][17].

Chaque protecteur bénéficie ainsi d'une présentation réglementée de ses propres valeurs d'atténuation qui doivent cependant être analysées et interprétées avec prudence. En effet, en ce qui concerne les systèmes passifs non linéaires, les valeurs indiquées correspondent aux affaiblissements relevés pour un niveau d'entrée donné mais elles ne reflètent pas le comportement dynamique du protecteur. Concernant les différents systèmes actifs, les protocoles de mesure et d'évaluation ne permettent pas toujours de décrire précisément le traitement appliqué au signal acoustique.

Par ailleurs, il est nécessaire de bien prendre en compte les variabilités interindividuelles. Les valeurs d'écart type indiquées sur les tableaux officiels d'affaiblissement constituent évidemment une indication mais ces données correspondent aux mesures réalisées lors des démarches d'homologation. Or, si l'on prend l'exemple d'embouts réalisés sur mesure, on sait que les contraintes particulières de fabrication individuelle à partir d'une empreinte de l'oreille peuvent entraîner de grandes variations en fonction de la qualité de l'empreinte réalisée et de la fabrication individuelle de l'embout. De la même manière, un bouchon antibruit standard verra ses valeurs réelles d'atténuation varier selon son positionnement dans le conduit et les caractéristiques anatomiques de ce conduit auditif. De récentes études semblent d'ailleurs montrer des écarts très sensibles entre les valeurs officielles de certains protecteurs individuels et les valeurs réelles relevées sur des sujets équipés.

Ce constat, et l'évolution de la réglementation (notamment en ce qui concerne les niveaux de bruit à contrôler avec la protection) devraient logiquement entraîner un développement des outils et des moyens de contrôle des différents dispositifs, dans les années à venir [8].

Contraintes particulières en cas de perte auditive chez un sujet non appareillé

Une perte auditive, même légère et spécifique sur une zone de fréquences, doit être prise en compte lors du choix d'une protection auditive. De nombreux paramètres (dont nous n'évoquons que quelques éléments) sont à prendre en considération. [1][3]

Importance de la perte auditive tonale

Les caractéristiques tonales de la perte auditive influent de manière très importante : les niveaux d'affaiblissement du protecteur vont s'ajouter à la perte auditive pour chaque fréquence, ce qui doit être pris en compte pour évaluer la fonction d'alerte du sujet lorsqu'il sera équipé de sa protection.

Dynamique auditive et recrutement

La dynamique auditive et les caractéristiques du recrutement pour toutes les fréquences doivent être connues afin de choisir un affaiblissement du bruit adapté, en terme de protection et de conservation d'une fonction d'alerte suffisante.

Intégrité du réflexe stapédien

Les réflexes stapédiens doivent être étudiés : soit ils sont présents et leurs niveaux d'enclenchement renseignent alors objectivement sur l'importance du recrutement, soit ils sont absents et c'est alors un élément important puisque cela indique que le patient ne dispose pas de cette protection naturelle, ce qui devra être pris en compte lors du choix du protecteur.

Intelligibilité de la parole

L'effet de la perte auditive sur l'intelligibilité de la parole (particulièrement dans le bruit) doit être analysé : s'il existe des difficultés à discriminer certains signaux de parole, il faudra adapter un protecteur qui corrige ce problème, ou tout au moins un protecteur qui n'accentue pas ce trouble. [4]

Surveillance renforcée

La surveillance du port des protecteurs antibruit doit être particulièrement renforcée pour les sujets qui présentent un déficit auditif, même léger. Une surveillance audiométrique stricte doit être mise en place ainsi que celle d'autres effets potentiels du bruit, notamment l'apparition ou la majoration d'acouphènes doivent être contrôlées.

Contraintes particulières pour le sujet malentendant appareillé

Sujets malentendants appareillés et exposés au bruit

Pour la quasi-totalité des sujets malentendants appareillés, le port de protections antibruit standard ne peut être envisagé : si le patient est porteur d'aides auditives, c'est que son déficit auditif dépasse un certain niveau de perte. Cette perte auditive est différente selon les fréquences, au niveau des Seuils Auditifs, des Seuils Subjectifs d'Inconfort et du recrutement endocochléaire. Les aides auditives qui ont été adaptées prennent en compte ces paramètres, ce que ne pourra pas faire un dispositif antibruit standard. Le problème qui se pose donc pour cette population malentendante appareillée est celui du port de son appareillage auditif dans le bruit.

Sujets malentendants appareillés et port de l'appareillage auditif en milieu bruyant

Il faut donc tout d'abord réaliser une investigation précise des caractéristiques de la surdité. La perte auditive doit être analysée dans sa dimension dynamique (Seuils Auditifs, Seuils Subjectifs d'Inconfort, recrutement...). La seconde analyse concerne le bruit auquel le sujet est exposé avec

une connaissance précise des caractéristiques en terme de spectre, d'intensité et de temps.

Cet élément est fondamental : un sujet appareillé, ne présentant aucun inconfort au bruit avec son appareillage pourra toutefois être dans une situation de surexposition en fonction de la nature du signal acoustique et de son transfert par l'appareillage. Pour exemple, un sujet normo-entendant exposé à une intensité de 90 dB pendant 8 heures doit porter des protecteurs antibruit. Dans cette même situation, un sujet malentendant appareillé avec une amplification basée sur une méthodologie supraliminaire ne subira aucun inconfort au bruit (les réglages sont adaptés de telle manière qu'aucun signal amplifié ne dépasse les niveaux des Seuils Subjectifs d'Inconfort) mais la dose de bruit reçue sera excessive si le bruit a été transféré dans sa dynamique résiduelle à une intensité visant à normaliser la sonie. L'absence d'inconfort au bruit avec un appareillage auditif ne garantit donc pas que le patient ne reçoive pas une dose excessive de bruit et il faudra adapter entre autres les réglages de gain, de compression, de réducteurs de bruit et de niveaux de sortie afin que les signaux soient amplifiés de manière différente selon leurs intensités pour chaque fréquence. Les possibilités de traitement de signal des aides auditives numériques actuelles permettent cette adaptation particulière (Fig. 10 et 11) [32].

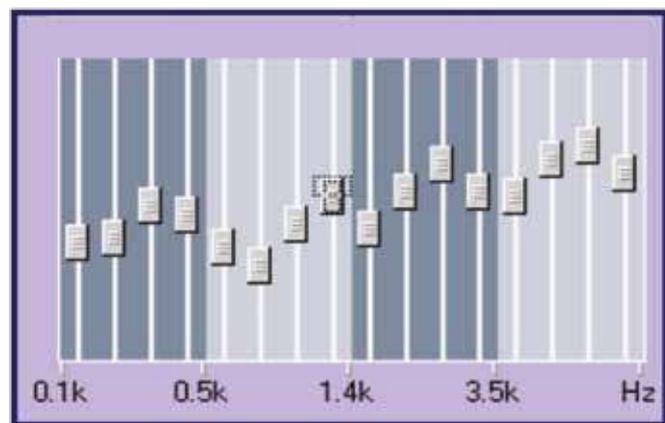


Fig. 10 : Réglages de gain fréquentiel

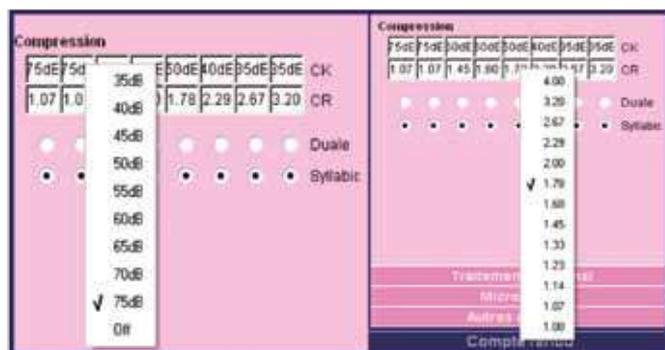


Fig. 11 : Réglages de compression

La figure 12 schématise le principe du transfert des signaux dans la dynamique résiduelle du champ auditif, à des intensités correspondantes ou à des valeurs plus faibles dans la dynamique, ce dernier principe pouvant être retenu pour limiter la dose de bruit transmise par

l'appareillage [10][31][33]. Le but est de permettre le port de l'appareillage dans le milieu bruyant, en limitant la dose de bruit reçue, tout en favorisant l'audition du sujet pour les signaux pertinents lors de son activité. Souvent, ce réglage est très spécifique pour n'être utilisé que dans ces circonstances particulières de bruit et il sera adapté sur l'un des programmes de l'aide auditive (le patient pouvant ainsi utiliser un réglage différent pour les situations d'environnement sonore plus calmes). L'utilisation d'aides

Elles constituent bien évidemment également un élément majeur pour un choix adapté et contrôlé du moyen de protection. Les variabilités interindividuelles et la sensibilité de l'ensemble de ces éléments justifient qu'ils soient parfaitement analysés et pris en compte lors du choix, de l'adaptation et du contrôle de port et d'efficacité de ces dispositifs de protection individuelle.

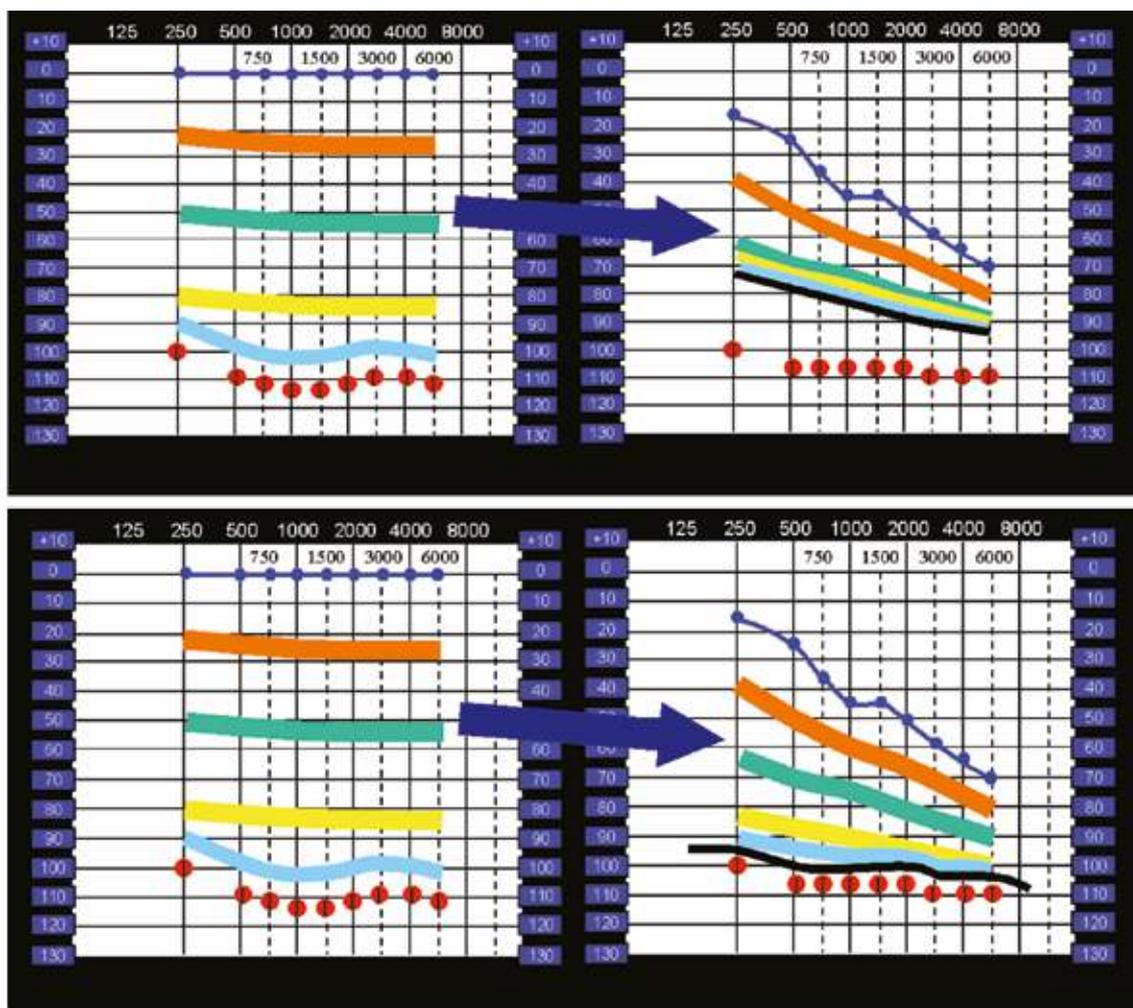


Fig. 12 : Transfert de signaux dans la dynamique résiduelle du champ auditif
En haut à des niveaux équivalents ; En bas à des niveaux inférieurs

auditives de haute technologie doit être privilégiée et l'étanchéité acoustique de la coque ou de l'embout doit bien évidemment être prise en compte en raison du passage direct des sons [34].

Discussion

Nous avons ici essentiellement abordé les difficultés liées aux contraintes physiques et à l'effet d'occlusion lors de l'adaptation de protections individuelles contre le bruit. Ces données sont essentielles puisqu'elles peuvent entraîner un défaut de port de ces dispositifs. Les contraintes liées au choix de l'affaiblissement acoustique (et donc du dispositif à adapter) n'ont été que partiellement évoquées.

Conclusion

Différentes contraintes existent pour l'adaptation d'équipements de protection individuelle contre le bruit. Certaines de ces contraintes sont directement liées à la réglementation, c'est par exemple le cas du niveau minimum d'affaiblissement. De nombreuses autres contraintes existent ; le développement actuel des dispositifs vise donc à améliorer l'efficacité et les conditions de port en terme de protection et de confort. Le rôle de l'information des personnels sur les effets d'une exposition au bruit et la nécessité d'une protection est à ce sujet essentiel dans la prise de conscience et la motivation pour le port de protections individuelles. La qualité de cette information,

associée à l'utilisation de moyens adaptés et contrôlés, est à la base d'une prévention et d'une action efficace auprès des personnels concernés.

Références bibliographiques

- [1] Aran J.-M., Dancer A., Dolmazon J.-M., Pujol R., Tran Ba Huy P. Physiologie de la cochlée — INSERM, 1988
- [2] Bauer R. Protecteur auditif actif de type bouchon d'oreille : étude électroacoustique et réalisation — Mémoire de soutenance en vue de l'obtention du Doctorat en acoustique. Université du Maine, 2000
- [3] Beneu A., Renard C. L'examen audiométrique de dépistage. Les embouts antibruit. Comité pour le Développement de la Médecine du Travail, Lille, 1996
- [4] Bertholat B. Étude et adaptation des caractéristiques de protecteurs auditifs individuels pour l'amélioration de leurs performances psychoacoustiques (protection et intelligibilité) dans des conditions sévères d'environnement sonores — bruits continus de fort niveau — Mémoire de soutenance en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en acoustique — CNAM — Paris, 2000
- [5] BENTLER R. External ear resonance characteristics in children, *Journal of Speech and Hearing Disorders*, vol 54, pp 264-268, 1989
- [6] BERGER E.H. Methods of measuring the attenuation of hearing protection devices. *Journal of American Society of Acoustic*, vol 79 n°6, pp 1655-1687, 1986
- [7] Berger E.H. Using the NRR to estimate the real world performance of hearing protectors, *Sound Vibration*, vol 17 n°1, 12, 1983
- [8] Dancer A. La lutte contre le bruit — *Les Cahiers de l'Audition*, vol 13 n°3, 7-19, 2000
- [9] Dancer A., Grateau P., Cabanis A., Vaillant T., Lafont D. Delayed temporary threshold shift induced by impulse noises (weapon noises) in men *Audiology*, vol 30, 345-356, 1991
- [10] Defenin Y., Renard C. L'appareillage non traumatique, 4e congrès de la Société Française d'Audiologie, Clermont-ferrand, 1998
- [11] Eag S. The external ear — *Handbook of sensory physiology*, 1974
- [12] Feldman A. S. & Grimes C. T. Hearing conservation in industry, *Williams & Wilkins*, 1985
- [13] Gelfand S. A. *Essentials of audiology* — Thieme, 1997
- [14] Gilman S. & Dirks D. Acoustics of ear canal measurement of eardrum SPL in simulators, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol 80, pp 783-792, 1986
- [15] Hamery P., Dancer A., Evrard G. Étude et réalisation de bouchons d'oreilles perforés non linéaires — Rapport R128/97- Institut franco-allemand de recherche de St Louis, 1997
- [16] Humes L. & Houghton R. Beyond insertion gain — *Hearing instruments*, vol 43 n°3, 1992
- [17] Jerger J.F. Influence of stimulus duration on the pure-tone threshold during recovery from auditory fatigue. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol 27, 121-124, 1955
- [18] Killion M. The «hollow voice» occlusion effect. *Hearing aid fitting : Theoretical and practical views*, pp 231-241, 1988
- [19] Killion M., Wilber L. A., Gudmundsen G. I. Zwislocki was right : a potential solution to the «hollow voice» problem with deeply sealed ear molds, *Hearing instruments*, vol 39, pp 14-18, 1988
- [20] Legent F. et coll. Le conduit auditif externe. Méat acoustique externe. Société française d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale — Arnette, 1995
- [21] Le Her F., Jilliot J., Taraud V. Oreille et bruit, Aspects audiologiques d'un problème de société — Mémoire présenté dans le cadre du Diplôme Universitaire d'Audiologie, Université Victor Segalen — BORDEAUX 2, 1999
- [22] Lybarger S. Earmolds — *Handbook of clinical audiology*, 885-910, 1985
- [23] Mehrgardt S., Mellert V. Transformation characteristics of the external human ear, *Journal of American Society of Acoustic*, Vol 61, pp 1567-1576, 1977
- [24] Mueller H. G., Hawkins D. B., Northern J. L. Probe microphone measurements. Earing aid selection and assessment — Singular Publishing Group, INC, 1992
- [25] Nolan M., Lyon D.J., Mok C.L.L. Air pressure changes in the external auditory meatus. *Journal of Laryngology and Otology*, vol 99, pp 315-326, 1985
- [26] Pavlovic C. Speech recognition and five articulation indexes. *Hearing instruments*, vol 42, pp 20-24, 1991
- [27] Poncet J.L. Les effets des bruits d'armes en milieu militaire. Rapport du Ministère de la Défense 2000 — Comité Bruits d'armes, 2000
- [28] Preves D. Effects of earmold venting on coupler, manikin and real ears. *Hearing Aid Journal*, vol 30, pp 43-46, 1997
- [29] Pujol R. Neurobiologie de la cochlée — *Médecine / Science*, vol 6, pp 456-463, 1990
- [30] Renard C. Bruit et protecteurs d'oreille. Jeudi d'HURIEZ – Service ORL du CHR de Lille, 2001
- [31] Renard C. Bruit et appareillage auditif. Colloque de la Société Française d'Audiologie, Paris, 2006
- [32] Renard C., Defenin Y. Seuils Subjectifs d'Inconfort et Niveaux de Sortie Maxima des aides auditives — *Les Cahiers de l'Audition*, vol 12 n°1, 7-15, 1999
- [33] Renard X. La méthode du PréRéglaage pour le choix de l'appareillage auditif, Arnette, 1983
- [34] Renard X., Renard C., Krause V. L'appareillage auditif à visée de protection. 15es Journées de la Société Scientifique Internationale du Pré-Réglaage, Lisbonne, 1997
- [35] Schum D. Noise reduction strategies for elderly, hearing-impaired listeners. *Journal of American Academy of Audiology*, vol 1, 31-36, 1990
- [36] Shaw E. Transformation of sound pressure from the free field to the eardrum in the horizontal plane — *Journal of the Acoustical Society of America*, vol 56, 1848-1861, 1974
- [37] Sonigo D. Bruit et moyens de protections individuelles de l'ouïe. *Les Cahiers de l'Audition*, vol 18 n°3, 34-49, 2005
- [38] Studebaker G. & Zachman T. Investigation of the acoustics of earmold vents *Journal of the Acoustical Society of America*, vol 47, pp 110-115, 1970
- [39] Wimmer V. The occlusion effect from earmolds *Hearing instruments*, vol 37, pp 57-58, 1986