

RÉSULTATS D'UNE CAMPAGNE DE MESURE DU RISQUE BRUIT DANS LES CENTRES D'APPELS TÉLÉPHONIQUES ET SOLUTIONS DE PRÉVENTION

- Bruit
- Casque
- Plate-forme téléphonique
- Mesure de prévention

► Jacques CHATILLON,
Nicolas TROMPETTE,
INRS, département Ingénierie des équipements de
travail

RESULTS OF A NOISE RISK MEASUREMENT CAMPAIGN AT TELEPHONE CALL CENTRES AND PREVENTION SOLUTIONS

Assessment of the risks to telephone call centre operator hearing required development of a new methodology using specific measuring instrumentation in compliance with ISO Standard 11904-2, published in 2005. INRS deployed this instrumentation, based around a head and body simulator and an occluded ear simulator, at 21 telephone call centres to evaluate the hearing risk, to which over a hundred operators were subjected. Based on ISO Standard 9612, published in 2009, the daily exposure risk for these operators was evaluated based on daily conversation times. The results of this measurement campaign show that the risk of exceeding statutory limits is well-founded but only rarely noted. Moreover, recurrent problems persist at telephone call centres: accidental acoustic shocks are rare, but are poorly withstood by operators and ambient noise levels are too frequently incompatible with both intellectual work and acceptable telephone listening comfort. Prevention solutions were studied in relation to improving this situation. Noise level limiters or acoustic protectors often ensure acoustic shock attenuation and daily exposure limitation. This paper discusses widely call centre improvements (room acoustic treatment and area per operator). We demonstrate that simple improvement recommendations can lead to a significant reduction in the noise levels encountered in such workplaces

- Noise
- Headset
- Telephone call centre
- Prevention measure

L'évaluation des risques pour l'audition des opérateurs des centres d'appels téléphoniques a nécessité le développement d'une nouvelle méthodologie utilisant un appareillage de mesure spécifique conforme à la norme ISO 11904-2 parue en 2005. Cet appareillage, basé sur un simulateur de tête et torse et d'un simulateur d'oreille occluse, a été déployé par l'INRS dans 21 centres d'appels pour estimer le risque auditif de plus d'une centaine d'opérateurs. L'estimation de l'exposition quotidienne de ces opérateurs, basée sur la norme ISO 9612 parue en 2009, est évaluée, avec ses incertitudes, sur la base des temps de conversations journaliers. Les résultats de cette campagne de mesure montrent que le risque de dépassement des seuils réglementaires est avéré, quoi que très rarement constaté. De plus, des problèmes récurrents subsistent dans les centres d'appels téléphoniques : les chocs acoustiques sont des accidents rares, mais mal supportés par les opérateurs et le bruit ambiant est trop souvent à des niveaux incompatibles à la fois avec un travail intellectuel et un bon confort d'écoute au téléphone. Des solutions de prévention ont été étudiées pour améliorer cette situation. Les limiteurs de niveaux, ou protecteurs acoustiques, permettent souvent de garantir une atténuation des chocs acoustiques et une limitation de l'exposition journalière. L'aménagement des plateaux (traitement acoustique du local, surface par opérateur) est discuté dans cet article. On montre que de simples recommandations d'aménagement peuvent conduire à une diminution appréciable des niveaux de bruit rencontrés dans ces locaux de travail

Les opérateurs des centres d'appels téléphoniques représentent aujourd'hui en France une population de plusieurs centaines de milliers de salariés. Ces salariés sont soumis à une exposition sonore complexe à mesurer car elle résulte du niveau sonore délivré par leur casque. Dans un premier article [1], une méthodologie pour mesurer l'exposition au bruit de ces salariés a été proposée. En collaboration avec les Centres de mesures physiques des CRAM/Carsat (Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail), cette méthodologie a été mise en œuvre par l'INRS dans vingt et un centres d'appels et sur plus

d'une centaine d'opérateurs de différents secteurs d'activité. L'exposition au bruit est d'autant plus élevée que l'intelligibilité des messages reçus au casque est faible. Le bruit ambiant gênant l'intelligibilité, il a donc une influence sur le réglage du niveau sonore. Il est aussi l'objet de nombreuses plaintes de la part des opérateurs. Au cours de cette campagne de mesure, le bruit ambiant a été systématiquement mesuré afin d'évaluer le niveau de confort acoustique de ces espaces de travail et d'objectiver la gêne ressentie. Sur plusieurs plateaux, les salariés étaient parfois victimes de sons indésirables à fort niveau communément appelés chocs acoustiques. Une

recherche bibliographique a été entreprise afin d'évaluer leurs effets. Enfin, cette étude s'est intéressée aux solutions de prévention : les limiteurs de niveau ont été testés afin de vérifier qu'ils limitaient effectivement l'exposition sonore et filtraient les chocs acoustiques. Et la mesure systématique du bruit ambiant a permis de faire émerger des recommandations sur l'aménagement acoustique des plateaux qui permettront de limiter le bruit ambiant à un niveau de confort compatible avec le travail intellectuel demandé aux opérateurs.

MÉTHODOLOGIE DE MESURE DE L'EXPOSITION SONORE

RAPPELS

La mesure du niveau de bruit reçu sous un casque d'écoute peut s'effectuer à l'aide d'un appareillage spécifique appelé simulateur de tête et torse (HATS), couplé à un simulateur d'oreille occluse [1]. Les niveaux de bruit mesurés dans ce simulateur peuvent être ramenés, puisqu'on en connaît la fonction de transfert, aux niveaux équivalents qu'on trouverait en champ diffus et qui provoqueraient le même niveau de bruit sur un tympan. En utilisant ce matériel, on se conforme donc à la réglementation, qui impose de considérer les niveaux de bruit à proximité mais à l'extérieur de l'oreille du travailleur, afin d'en déduire l'exposition sonore. La méthode choisie est conforme à la norme ISO 11904-2 publiée en 2005 [2]. Le matériel à utiliser est spécifié dans cette norme.

ÉVALUATION SIMPLIFIÉE DU NIVEAU D'ÉMISSION D'UN POSTE TÉLÉPHONIQUE

Une évaluation simplifiée du niveau de réglage sonore du casque téléphonique d'un opérateur de centre d'appels peut être envisagée, à l'aide du HATS et conformément à la norme, préalablement à des mesures plus complexes. Cette évaluation consiste à :

- arrêter provisoirement le travail de l'opérateur ;
- conserver tous les réglages habituels de son poste (réglages au poste et, éventuellement, sur le casque et le limiteur acoustique) ;

■ positionner le casque de l'opérateur sur le HATS ;

■ appeler un répondeur sur lequel des sons spécifiques (bruits blanc et de conversation) ont été enregistrés ;

■ mesurer, pour ces sons, les niveaux de bruit reçus par le microphone du HATS ;

■ comparer directement ces niveaux à des seuils préalablement établis ;

■ en déduire la dangerosité potentielle du poste pour l'audition de l'opérateur, en fonction de ses réglages usuels.

Ces niveaux de bruit reçus par le microphone du HATS ne sont pas comparables aux seuils de la réglementation, puisqu'ils sont instantanés et qu'ils ne sont pas recalculés en champ diffus. En revanche, ils peuvent être comparés à des seuils empiriques établis par l'expérience. La campagne de mesures a montré qu'il y avait un risque pour l'opérateur d'être exposé à des niveaux supérieurs à 80 dB(A) dès que le niveau mesuré pour le bruit blanc était supérieur à 96 dB(A), ou que le niveau équivalent maximum mesuré sur 125 ms pour le message vocal était supérieur à 100 dB(A).

Quand aucune des deux conditions précédentes n'était réunie, l'exposition sonore, sur plus d'une centaine d'opérateurs testés, n'a jamais été mesurée au-dessus du premier seuil d'alerte de la réglementation.

Même si cette évaluation rapide repose sur des observations empiriques, elle permet de détecter facilement, dans une population d'opérateurs pour laquelle le risque auditif n'a pas encore été évalué, quels sont ceux pour lesquels une métrologie plus lourde devra être déployée. Son intérêt est de limiter l'effort de mesure de l'exposition aux opérateurs travaillant à des niveaux d'écoute élevés et pouvant être exposés à des doses quotidiennes susceptibles de dépasser les seuils réglementaires.

ÉVALUATION PRÉCISE DU NIVEAU DE BRUIT REÇU SOUS LE CASQUE TÉLÉPHONIQUE PENDANT UNE CONVERSATION

Une évaluation précise du niveau de bruit reçu sous le casque téléphonique pendant une conversation peut être effectuée, à l'aide du HATS et conformément à la norme ISO 11904-2, en utilisant le principe de la double écoute [1].

Réglementairement, l'exposition doit être mesurée conformément à la norme harmonisée ISO 9612 [3]. Cette norme propose trois méthodes. Dans le cas des centres d'appels, la méthode qui s'impose est celle dite « par tâche ». En effet, la seule tâche exposant les opérateurs à des niveaux sonores importants est la communication téléphonique. Le bruit ambiant influence le réglage du volume sonore du casque, mais ne contribue pas à l'exposition. La norme exige de répéter la mesure pour au minimum trois tâches et, si l'écart-type entre les résultats dépasse 3 dB, elle exige trois mesures supplémentaires. Le mesurage peut donc être effectué par un échantillonnage de quelques conversations pour un opérateur – trois au minimum, une dizaine en règle générale.

Il reste alors à évaluer l'incertitude de mesure qui, réglementairement, doit être affichée avec le niveau d'exposition.

CALCUL DE L'INCERTITUDE DE MESURE

Incertitude liée à l'échantillonnage

L'incertitude liée à l'échantillonnage dépend des facteurs suivants :

■ les niveaux des conversations sont variables : les interlocuteurs extérieurs appellent avec des matériels très divers, d'un téléphone fixe (classique ou par voix « Internet Protocol ») ou d'un téléphone mobile, et les niveaux reçus dépendent d'une chaîne électronique aujourd'hui très complexe car elle implique en général plusieurs réseaux pouvant en plus répondre à des normes différentes ;

■ les temps de conversation sont variables : d'une journée à l'autre pour un opérateur donné, et entre différents opérateurs pour la même journée ;

■ les natures des conversations peuvent être assez différentes, notamment dans les métiers complexes comme le support technique.

Il existe effectivement une grande variabilité dans la nature des conversations en raison des différences entre les métiers bien que l'on constate que la distribution statistique des niveaux est la même d'un centre d'appels à l'autre. Lorsque la méthode par tâche est utilisée pour mesurer l'exposition, la norme ISO 9612 évalue l'incertitude à partir de la distribution statistique des échantillons et montre un exemple pour une distribution gaussienne.

Dans le cas des centres d'appels, la distribution statistique a été évaluée sur plusieurs journées de travail et pour cinq métiers différents. Elle est proche d'une distribution rectangulaire et ses bords sont en escalier. Cette distribution étant atypique, l'incertitude liée à l'échantillonnage n'était pas connue analytiquement. Elle a donc été évaluée à partir de simulations (méthode de MONTE-CARLO). La courbe en résultant a été interpolée afin d'arriver à une formule simple reliant l'écart-type au nombre d'échantillonnages. Cette formule est finalement :

$$\sigma = \frac{6,375}{\sqrt{3 \times n}}$$

Où n est le nombre de conversations échantillonnées et σ l'écart-type.

Autres facteurs d'incertitude

Les autres facteurs d'incertitude sont répertoriés par les normes ISO 11904-2 et ISO 9612. Ils sont liés aux instruments de mesure et au matériel d'étalonnage, auxquels il faut ajouter la répétabilité :

■ les instruments de mesure sont le simulateur d'oreille occlus et le mannequin. La norme ISO 11904-2 fournit l'estimation de l'incertitude pour ces deux instruments. Elle explicite en particulier les incertitudes liées à la représentativité du simulateur d'oreille occlus et vis-à-vis de la physiologie de l'oreille de l'opérateur ;

■ le mannequin doit être représentatif de la physiologie de l'opérateur pour une source placée à proximité de l'oreille, mais beaucoup moins dans le cas d'un casque émettant directement dans le conduit. Ce point n'a donc pas été considéré ;

■ la répétabilité a été évaluée à partir de tests inter-laboratoires (trois laboratoires¹) : elle est de l'ordre de 1 dB. La norme ISO 11904-2 l'évalue de son côté à 0,5 dB. C'est cette dernière valeur qui a été retenue.

Un facteur d'incertitude supplémentaire est à considérer. En effet, le résultat dépend fortement de la position de l'écouteur sur l'oreille artificielle du mannequin. Des essais comparatifs ont été effectués pour différentes positions de l'écouteur (centré, décalé vers le haut ou le bas, sur la droite ou la gauche). Ces essais montrent des variations de plusieurs dB suivant le positionnement. Cependant, les résultats sont stables et évidemment les plus élevés lorsque

l'écouteur du casque est placé dans l'axe du simulateur d'oreille occlus. Plutôt que de laisser le positionnement libre, ce qui aurait obligé à appliquer une incertitude élevée, la solution finalement retenue est de placer systématiquement le casque dans la position la plus défavorable, c'est-à-dire avec l'écouteur positionné exactement en face de l'entrée du conduit auditif artificiel. Cela peut conduire à une surévaluation de l'exposition sonore finale mais permet d'ignorer l'incertitude de mesure liée à la position de l'écouteur.

Incertitude globale de mesure

Le cumul de toutes les incertitudes conduit à l'expression finale de l'incertitude de mesure :

$$U = k \times \sqrt{1,24^2 + \left(\frac{6,375}{\sqrt{3 \times n}}\right)^2}$$

Où n est le nombre de conversations échantillonnées et k le facteur d'élargissement.

La norme ISO 9612 demande à ce que l'intervalle de confiance soit élargi unilatéralement à 95 % et préconise un facteur d'élargissement de 1,65. Ce facteur a été vérifié numériquement pour l'incertitude liée à l'échantillonnage, toujours à partir de simulations par la méthode de MONTE-CARLO. Pour les autres facteurs, la norme ISO 9612 retient le même facteur. Le *Tableau 1* donne l'incertitude globale en fonction du nombre de conversations échantillonnées par opérateur.

LIMITES DU BRUIT AMBIANT ET CONFORT ACOUSTIQUE DANS LE TERTIAIRE

Aucune disposition réglementaire ne régit le niveau de bruit ambiant dans un local de travail dans la mesure où ce niveau n'atteint pas les seuils réglementaires. Néanmoins, diverses recommandations permettent de déterminer dans quelle mesure les salariés peuvent effectuer leur travail en évitant la fatigue et, en particulier, la fatigue auditive en diminuant les risques de stress tout en maintenant leurs performances.

TABLEAU I

Évolution de l'incertitude globale

Nombre de conversations	3	6	10	20	50
Incertainitude globale en dB	4,1	3,2	2,8	2,5	2,2

La norme NF S31-080 [4] est une norme purement architecturale qui définit des critères de performance acoustique, en l'absence d'activité, pour les bureaux et les espaces ouverts. Elle permet d'atteindre certains objectifs à la réception d'un local créé ou réaménagé mais n'aborde pas le problème du bruit ambiant quand le local est occupé.

Quand on estime le bruit de fond par bandes de fréquence, les courbes de Wisner [5], bien connues et utilisées largement en France par les préventeurs, définissent, par bandes de fréquence, des limites à des ambiances sonores compatibles avec la difficulté de différents travaux intellectuels.

Quand on évalue le bruit ambiant de manière globale, on peut s'appuyer sur plusieurs recommandations :

■ l'INRS, dans une brochure spécifique aux centres d'appels téléphoniques [6] fixe les limites du niveau de bruit de fond à 52 dB(A) (travail intellectuel non-gêné) ou 55 dB(A) (travail sur écran plus routinier) ;

■ les normes françaises ou internationales [7, 8] fixent la limite extrême, pour les locaux ouverts occupés par des salariés, à 55 dB(A).

Ces deux critères globaux peuvent être évalués conjointement avec des indices statistiques afin de vérifier que le bruit ambiant est relativement stable durant la mesure.

Il convient de souligner que ces critères ont l'avantage d'être simples à estimer, que ce soit le bruit global ou mesuré en bandes d'octaves, mais le confort acoustique est une notion complexe relevant du ressenti des personnes. Les variations brusques du niveau en fonction du temps et les émergences rares de bruits forts dans une ambiance relativement calme peuvent être perçues comme pénibles, alors qu'une mesure

¹ Ces tests, encore en cours à l'heure de la rédaction du présent document, réunissaient l'INRS, le Laboratoire national d'essais et un fabricant de matériel téléphonique et ils avaient pour but de tester des limiteurs de niveaux.

moyennée dans le temps ne les fait pas apparaître. C'est aussi pourquoi on préfère, parfois, mesurer des grandeurs statistiques comme, par exemple, le L_{10} , le L_{50} ou le L_{90} , niveaux de bruit atteints ou dépassés respectivement, 10, 50 ou 90 % du temps. Ces indicateurs estiment donc la stabilité du bruit. Par ailleurs, les composantes basse-fréquence d'un bruit ambiant, ne contribuant pas fortement au niveau global car elles sont atténuées par la pondération A, peuvent être très mal ressenties par certaines personnes. Les bruits non identifiés par un auditeur, ou ne semblant pas utiles au travail effectué, sont toujours moins bien acceptés que les bruits identifiés ou jugés indispensables.

LA CAMPAGNE DE MESURE

DESCRIPTION DES CENTRES D'APPELS

Activité

Dans les 21 centres d'appels visités, on trouve une grande variété de métiers (cf. *Tableau II*), mais les centres d'appels prestataires, où travaillent une forte proportion d'opérateurs et où les conditions de travail sont les plus difficiles, sont sous-représentés.

Aménagement

Tous les centres d'appels étudiés étaient aménagés sur un ou plusieurs espaces ouverts comprenant entre 11 et 240 postes. Les postes étaient distribués sur l'espace ouvert soit en « marguerites » de 4 à 6 personnes, soit en box ou en bureaux classiques. Les box étaient systématiquement séparés par des écrans de hauteurs supérieures à 1,6 m. Les marguerites comportaient en général des écrans, dont la hauteur variait entre 1 m et 1,4 m. Sur certains plateaux, des écrans classiques, de plain-pied, en général de 1,8 m de hauteur, permettaient de délimiter des zones ou d'isoler des machines bruyantes (imprimantes ou photocopieurs). Sur d'autres, des éléments de mobilier tenaient lieu d'écrans. La plupart du temps, les faux-plafonds étaient constitués de dalles acoustiques absorbantes. Les sols étaient en général moquetés, parfois carrelés ou en linoléum.

TABLEAU II

Campagne de mesures - répartition des centres d'appels

Catégorie du centre d'appels	Nombre de centres d'appels	Nombre de postes de travail mesurés
Prestataire	4	32
Administration	2	7
Banque et assurance	3	14
Téléphonie et internet	3	12
Vente par téléphone	5	33
Assistance technique - SAV	4	19
Total	21	117

Matériel

La plupart des opérateurs utilisaient des casques qui pouvaient être monauraux ou binauraux. Ces casques étaient en général filaires, parfois sans fil (les casques sans fil étaient systématiquement monauraux et représentaient 10 cas sur les 117). Tous ces dispositifs étaient équipés de microphones directs. Parmi les centres d'appels testés dans cette étude, la moitié utilisait des casques de téléphone reliés directement à l'ordinateur. Dans ce cas, le volume est ajusté par un logiciel ou par la carte son de l'ordinateur. Les autres employaient un terminal téléphonique classique permettant la commande du volume, généralement à l'aide de boutons poussoirs « plus/moins ».

Dans certains cas, un boîtier était intercalé entre le téléphone et le casque. Ce boîtier pouvait être de deux types : amplificateur ou limiteur. Le rôle de ces boîtiers est détaillé plus bas.

RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Exposition au bruit

La méthodologie de mesure [1] a été appliquée sur 21 sites pour 117 opérateurs. Les résultats de cette campagne de mesure sont présentés sur la *Figure 1* qui montre la distribution du niveau acoustique $L_{A,DF}$ moyen de conversation² pour tous les opérateurs. Cette distribution est gaussienne. Quatorze opérateurs sur 117 (12 %) travaillent à un niveau d'écoute élevé c'est-à-dire supérieur à 80 dB(A) et sont donc susceptibles d'être exposés à plus de 80 dB(A) sur 8 heures de travail. La *Figure 2* montre la distribution des niveaux d'exposition de la même population. Elle est donc déduite de la

première distribution en pondérant les valeurs par le temps journalier passé au téléphone [1]. Sur les 14 opérateurs précédents, six sont exposés à un niveau journalier supérieur à la première limite réglementaire d'action – 80 dB(A) – et un seul est exposé au-dessus de la seconde limite réglementaire d'action – 85 dB(A). La valeur limite d'exposition – 87 dB(A) – n'est jamais dépassée.

Ces résultats sont plus rassurants que ceux publiés par l'INRS au début des années 2000 [9]. En plus du fait que les centres d'appels ont changé depuis 10 ans (principalement du fait de l'évolution des équipements électroniques), la différence provient du nouveau dispositif de mesure et du nouveau mode opératoire qui entraînent moins d'erreurs.

Les résultats de cette nouvelle campagne ont été comparés avec ceux obtenus par le Health and Safety Executive (HSE, Royaume-Uni) en 2001 [10], par des universitaires italiens en 2003 [11] et par des institutionnels australiens en 1996 [12] avec la même méthodologie (utilisation d'un mannequin). Les différences sont minimales et explicables.

Bilan – Bruit ambiant

Les opérateurs des centres d'appels sont exposés à d'autres sources de bruit que leur casque : sonneries de fax, bruit des imprimantes, conversations entre d'autres opérateurs. Les mesures effectuées par l'INRS montrent que le bruit ambiant ne contribue pas à l'exposition des opérateurs : son niveau est toujours négligeable devant le niveau de bruit provenant des casques d'écoute. Ce bruit

² Ce niveau est le niveau moyen reçu sous le casque durant plusieurs conversations et recalculé en champ diffus, grâce à la fonction de transfert du HATS, pour être comparé aux niveaux de bruit d'exposition réglementaires considérés reçus à l'extérieur de l'oreille.

FIGURE 1

Distribution du niveau acoustique équivalent moyen en champ diffus $L_{A,DF}$ par opérateur (moyenne sur les conversations enregistrées) – 117 opérateurs

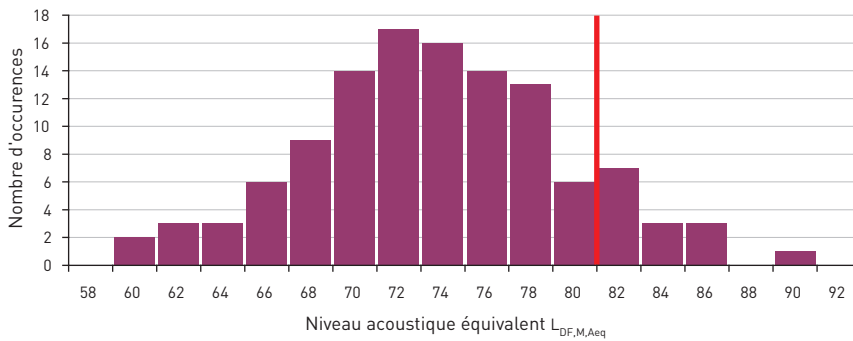


FIGURE 2

Distribution du niveau d'exposition quotidien $L_{ex,8h}$ par opérateur – 117 opérateurs

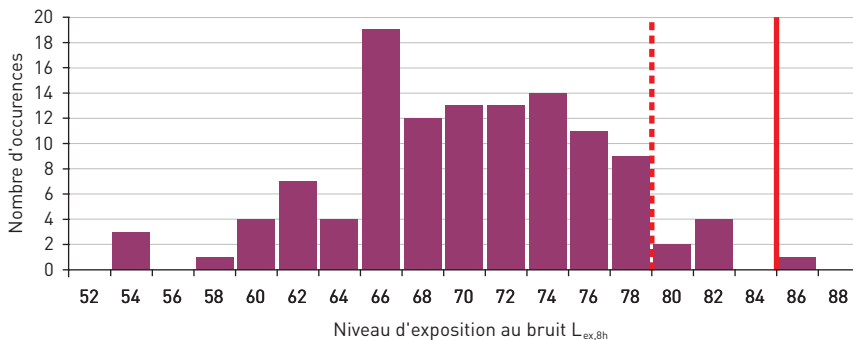
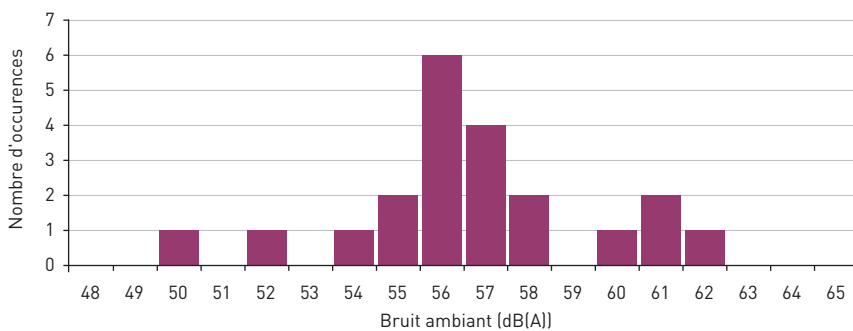


FIGURE 3

Distribution du bruit ambiant – 21 centres d'appels



ambiant est un des facteurs influençant l'opérateur à régler le niveau d'écoute de son téléphone à un certain seuil mais il n'est pas le seul. Le niveau de bruit ambiant a été mesuré dans tous les centres d'appels participant à la campagne. Les mesures ont été effectuées pour 3 à 5 postes de travail, libres (sans occupant), à l'aide d'exposimètres mis en place en arrivant sur le site et relevés à la fin des mesures d'exposition.

La Figure 3 montre la distribution du bruit ambiant (moyenne sur la durée de la mesure et sur l'ensemble des points de mesure) pour les 21 centres d'appels.

Seule une petite minorité composée de 5 centres d'appels téléphoniques sont en dessous des limites de confort évoquées plus haut. Douze se situent légèrement au-dessus et peuvent potentiellement les respecter moyennant un

meilleur aménagement des locaux. Les quatre cas extrêmes (niveaux supérieurs à 60 dB) s'expliquent pour trois d'entre eux par des surfaces par opérateur bien trop faibles et pour le quatrième par les faibles dimensions du local, donc l'influence néfaste de la réverbération des bruits dans la pièce, aggravée par une faible surface par opérateur.

La limite préconisée de 55 dB(A) est discutable car elle est finalement assez élevée et beaucoup d'experts la considèrent aujourd'hui comme la limite haute pour un travail de bureau. On a d'ailleurs constaté que les opérateurs des centres d'appels visités se plaignaient presque systématiquement du niveau du bruit ambiant. Le confort acoustique dans les centres d'appels ayant participé à la campagne était donc mauvais dans la plupart des cas. Ce bilan négatif s'explique en général par une combinaison de facteurs : un traitement acoustique du local et un aménagement insuffisants, une surface par opérateur trop faible, l'ensemble ne permettant pas de garantir un bon confort acoustique des occupants.

LES CHOCS ACOUSTIQUES

DESCRIPTION

Les chocs acoustiques sont des bruits intenses et non désirés qui arrivent accidentellement dans le casque d'un opérateur. Il s'agit généralement de tonalités aiguës ressemblant à des sifflements et se produisant à des fréquences proches de 3 kHz, parfois à plus basses fréquences – jusqu'à 1 kHz pour ceux que l'INRS a pu observer. Parfois, ce sont des sons un peu plus complexes (plusieurs tonalités mélangées). Leur niveau est théoriquement limité à 118 dB par la conception des casques téléphoniques. Ceux que nous avons pu enregistrer atteignaient au maximum 115 dB dans l'oreille du HATS (ce n'est donc pas un niveau comparable au niveau de bruit extérieur considéré par la législation et mesurable en champ diffus). L'INRS a aussi testé en laboratoire des casques téléphoniques, les plus puissants sont capables de délivrer en tonalité pure (signal sinusoïdal) jusqu'à 123 dB – toujours dans l'oreille du mannequin. Recalculés en champ diffus, ces niveaux peuvent donc être considérés comme

équivalent à des niveaux de l'ordre de 120 dB pour une source placée à proximité de l'oreille d'une personne (champ diffus : comparable à la législation).

L'origine exacte des chocs acoustiques est généralement difficile à identifier. Ils peuvent provenir de boucles de rétroactions de type larsen (survenant, par exemple, lorsque des équipements différents sont trop proches), de croisement de câbles mal isolés ou des multiples changements de réseaux téléphoniques. Ces trois explications proviennent de cas élucidés en France, mais d'autres origines sont évoquées dans la littérature [13] comme une impulsion électrique sur le réseau téléphonique ou des malveillances. Dans les trois cas évoqués ci-dessus, ils se produisaient de façon répétée (plusieurs fois par mois).

Bien que ces chocs acoustiques puissent affecter n'importe quel utilisateur de téléphone, les opérateurs des centres d'appels y sont évidemment plus exposés parce qu'ils passent beaucoup de temps au téléphone, qu'un casque est plus long ou difficile à éloigner de l'oreille qu'un combiné et surtout que leur métier les conduit à garder le casque téléphonique sur les oreilles lorsque le choc acoustique survient, dans l'espoir de reprendre la communication avec leur client. Les opérateurs des centres d'appels sont donc potentiellement les premières victimes des chocs acoustiques.

EFFETS : CONSTAT ET BIBLIOGRAPHIE

Lors de la campagne de mesure, deux centres d'appels visités devaient faire face à des chocs acoustiques récurrents. Un choc acoustique a aussi été enregistré fortuitement dans un troisième centre. Dans aucun des trois cas il n'a été constaté de traumatisme de l'oreille. Les effets sur les opérateurs étaient donc d'ordre psychologique (stress). En revanche, plusieurs publications ou communications [13 - 15] ont rapporté que les chocs acoustiques pouvaient causer plusieurs symptômes : nausée et malaise juste après l'exposition, maux de tête, bourdonnement (acouphènes) et hypersensibilité aux bruits forts plus loin dans le temps. D'après les auteurs, ces symptômes disparaîtraient en général, mais pourraient perdurer dans quelques cas [14]. Les opérateurs qui subissent un choc acoustique ressentiraient aussi une appréhension. Ces travaux ne sont cependant

pas complètement convaincants car ils ne présentent pas d'études de terrain, mais sont basés sur des observations ou des communications mal référencées, à l'exception de l'étude Westcott [14]. Cette dernière publication présente une étude réalisée à partir des dossiers médicaux d'opérateurs ayant fait constater leurs traumatismes par des médecins ORL. Les auteurs affichent dans les diagrammes de synthèse 18% de cas avec pertes auditives temporaires. Ils émettent aussi une hypothèse sur le mécanisme qui conduirait à un dommage auditif : il s'agirait d'un abaissement du seuil de déclenchement du réflexe stapédien lié au stress. Mais ils reconnaissent n'avoir pas réellement étudié les mécanismes physiologiques. Il est difficile de conclure sur ces seuls travaux. On ne peut donc exclure que les chocs acoustiques soient dangereux pour l'audition, bien qu'ils se produisent à des niveaux inférieurs aux limites réglementaires. L'Australian Communications Industry Forum, dans son guide sur la sûreté acoustique des équipements de téléphonie [16], arrive à la même conclusion et recommande de s'en protéger par mesure de précaution.

LES SOLUTIONS DE PRÉVENTION

LES AMPLIFICATEURS ET LES PROTECTEURS NUMÉRIQUES

Description

À partir du moment où l'exposition au bruit peut dépasser les limites d'action, il devient nécessaire de pouvoir proposer des solutions. Les fabricants de matériel de téléphonie ont anticipé le problème en ajoutant à leur gamme des amplificateurs ou des protecteurs numériques.

Les amplificateurs ont deux fonctions : ils amplifient le signal entrant en fonction du réglage de l'opérateur, mais ils le limitent également en deçà d'une certaine valeur, agissant alors en tant que compresseur. Ce sont donc en réalité des « amplificateurs-atténuateurs », bien que les fabricants les appellent simplement « amplificateurs ».

Les protecteurs numériques remplissent les mêmes fonctions. En outre,

ils nettoient la parole des tonalités indésirables et filtrent ainsi certains chocs acoustiques. Enfin, ils sont supposés être conformes à la législation, ce qui signifie que le niveau délivré par le casque est limité à une valeur qui devrait garantir une exposition quotidienne au bruit de l'opérateur inférieure à 80 dB(A). Néanmoins, les fabricants ne sont généralement pas capables d'expliquer comment cette limitation de l'exposition est garantie...

Validation

Malheureusement, aucune norme de téléphonie n'a encore été éditée pour le test de ces dispositifs. L'utilisateur en est réduit à faire confiance au fabricant du dispositif. Pour pallier cette carence, l'INRS a décidé de tester certains de ces matériels à travers une série d'essais :

■ Envoi d'un sinus balayé (gamme 200 Hz à 3,4 kHz) à différents niveaux de courant. Ce test permet d'observer à quel niveau sonore le protecteur limite le niveau fourni au casque téléphonique et s'il le régule bien en fonction de son réglage.

■ Envoi de signaux de parole (signal normalisé P50) féminin et masculin à différents niveaux de courant. Ce test permet d'observer à quel niveau acoustique équivalent (global) sur la conversation le protecteur limite le niveau fourni au casque téléphonique et qu'il régule bien ce niveau de conversation en fonction de son réglage.

■ Envoi de 13 signaux impulsionnels (« burst ») émergents d'un signal de parole faible (afin d'obtenir un ajustement maximum du gain par le protecteur juste avant la survenue du signal impulsionnel) à niveau de courant très élevé, ces 13 signaux impulsionnels ayant des réponses centrées en fréquence sur respectivement chacune des 13 bandes de tiers d'octave couvrant la bande passante du téléphone (200 Hz à 3,4 kHz). Ce test permet de valider le filtrage ou la limitation des chocs acoustiques.

■ Envoi de 3 enregistrements de chocs acoustiques réels. Ce dernier test permet de confirmer le précédent test.

Toutes les grandes marques proposent soit des amplificateurs soit des limiteurs et, à une exception près, leurs matériels satisfont aux tests. Il faut noter que tous doivent être associés à des casques de la même marque ou de même puissance, sauf si le matériel est réglé par le fournisseur en fonction du

casque. Ce point est très important : en général, la gamme de casques d'un fabricant est homogène (même volume sonore délivré pour une tension électrique donnée), mais cela n'est pas vrai d'un fabricant à l'autre.

LIMITATION SIMPLE DU NIVEAU

La simple limitation du niveau est une solution théoriquement acceptable. Elle pose deux problèmes : sa mise en œuvre et la conservation de l'intelligibilité.

En ce qui concerne sa mise en œuvre, les installateurs savent régler les niveaux électriques délivrés par le réseau (en général en VoIP – Internet Protocol – mais pas toujours) aux postes de téléphone. Le problème est de connaître le niveau électrique qui garantirait l'absence d'exposition des opérateurs. C'est possible si on se réfère à nos observations empiriques des niveaux mesurés sous le casque, avec des signaux artificiels permettant de garantir l'absence de risque d'exposition à condition que le niveau sonore reste inférieur à une limite. La limitation simple du niveau est donc une solution possible, mais elle exige la mise en œuvre d'une chaîne de mesure conforme à la norme [2] sur le site afin de valider la limite choisie, une parfaite homogénéité du matériel et une nouvelle validation à chaque changement de matériel.

INTELLIGIBILITÉ

La régulation ou la simple limitation du niveau par des systèmes électroniques intermédiaires (limitateurs, amplificateurs ou protecteurs) peuvent conduire à une dégradation de la qualité du signal et donc à un problème d'intelligibilité. La littérature [17] établit qu'une émergence de 9 à 18 dB est nécessaire afin que l'intelligibilité soit bonne pour une conversation dans un bruit ambiant créé par d'autres conversations. Comme le bruit ambiant est souvent compris entre 55 et 60 dB(A) en centre d'appels, le niveau d'écoute nécessaire pourrait varier de 64 à 78 dB(A) et la marge par rapport à la limitation à 80 dB(A) imposée par les protecteurs acoustiques ou par la limitation du niveau est donc faible. Plusieurs facteurs vont contribuer à réduire cette marge : les fluctuations des niveaux d'émission des interlocuteurs, la qualité

du casque téléphonique et la qualité du signal.

Les fluctuations du niveau d'émission ont déjà été évoquées. Elles sont de l'ordre de 6 dB avec un amplificateur ou un protecteur et de l'ordre de 12 dB sans ces systèmes. Si les opérateurs veulent conserver une bonne intelligibilité, il faudra qu'ils utilisent une large gamme de réglages. Sinon, ils auront tendance à positionner leur réglage assez haut, de façon à garantir une bonne intelligibilité quel que soit le niveau d'entrée et ils travailleront donc à niveau élevé. C'est le cas, en particulier, pour des opérateurs qui n'ont pas l'habitude de régler leur téléphone en cours de conversation. Ils sont majoritaires d'après l'étude du HSE concernant 150 opérateurs [10].

La qualité du casque conditionne aussi l'intelligibilité et le réglage du niveau sonore. Il n'existe malheureusement pas de norme permettant d'estimer cette qualité. La solution est de les faire tester par les futurs utilisateurs avant tout achat. Quelques critères de choix sont aussi à considérer :

■ Il a été démontré [18] que l'usage d'un casque binaural permettait d'abaisser de 3 dB le niveau d'écoute à intelligibilité égale. Il est aussi admis que la reconnaissance de certains sons est gênée lors de l'écoute monaurale [19]. Les casques binauraux sont donc à privilégier dans la mesure où ils sont bien acceptés.

■ Certains casques proposent un réglage de volume. Ce réglage est difficile d'accès (bouton presseur sur l'oreillette) et il augmente inutilement et dangereusement la dynamique globale de réglage du volume sonore du poste. Ce type d'équipement est donc à proscrire ou doit être couplé à une limitation. En général, il faut privilégier des équipements dont les réglages sont simples et accessibles pour les opérateurs et, bien entendu, éviter des équipements sophistiqués nécessitant une formation lourde pour les utiliser de façon optimale.

Le réseau peut aussi avoir une influence déterminante. Une analyse présentée en 2008 [20] montrait que le type de réseau utilisé par le centre d'appels influençait l'intelligibilité, notamment le type de CODEC³ utilisé en réseau IP (Internet Protocol) et le débit afférent au CODEC. La plupart des centres d'appels sont sous réseau IP et utilisent parfois des CODEC dégradant nettement l'intelligibilité. La qualité du

réseau de réception influence donc fortement la qualité du signal même lorsque le réseau d'émission est de faible qualité (GSM ou G729). Les centres d'appels devraient donc tous choisir des fournisseurs d'accès leur proposant de fort débit (64 kbps). Or, ce n'est pas toujours le cas.

L'AMÉNAGEMENT ACOUSTIQUE DU PLATEAU

La campagne de mesure a montré que, dans la majorité des cas, le bruit ambiant était au-dessus de la limite haute de confort de 55 dB(A). On a vu que ce niveau doit être maintenu en dessous de cette limite pour que les solutions de prévention de l'exposition au bruit puissent être implantées sans dégrader l'intelligibilité lors des conversations téléphoniques. Le bruit ambiant dépend de plusieurs paramètres qui devront tous être pris en compte pour permettre le respect de cette limite : la surface par opérateur, le traitement acoustique du local, le mobilier – en particulier, les écrans – l'aménagement, le comportement de chacun et enfin l'organisation du travail dans la collectivité.

SURFACE PAR OPÉRATEUR

Il est incontestable que la surface par opérateur est un facteur déterminant pour le niveau de bruit ambiant. Pour l'acousticien, cette surface permet de calculer la densité de sources bruyantes (les opérateurs) dans le local : elle induit bien évidemment le bruit global. En revanche, il est difficile de lui fixer une valeur puisqu'elle n'est pas le seul facteur. Les normes d'ergonomie [7, 8] recommandent respectivement 10 et 15 m² par opérateur. Ces valeurs sont jugées trop élevées par les gestionnaires ou les concepteurs de centres d'appels essentiellement pour des raisons de coûts du bâti (surtout en région parisienne...). Lors de la campagne de mesure, on a tenté d'effectuer une corrélation entre le bruit ambiant et la surface réelle allouée à chaque opérateur. Cette dernière a été

³ Un CODEC (Code-decode en anglais) est un procédé capable de compresser et/ou de décompresser un signal numérique. Ce procédé peut être implanté sur une puce électronique ou un logiciel.

calculée comme le ratio entre la surface du plateau et le nombre moyen d'opérateurs présents pendant la mesure de bruit ambiant. Il s'agit donc de valeurs moyennes sur la journée. Elles ne reflètent ni la situation instantanée ni l'activité du plateau téléphonique mais elles permettent de dégager des tendances. Les résultats sont présentés *Figure 4* pour 21 centres d'appels et 101 points de mesure du bruit ambiant. La régression linéaire entre la surface par opérateur et le niveau de bruit ambiant montre une faible corrélation. En revanche, il est intéressant de constater que, en-dessous de 7 m², le bruit ambiant est toujours supérieur à 55 dB(A) en moyenne sur la durée de mesure et que, au-dessus de 10 m², il est toujours inférieur à cette valeur. D'après ces relevés, il faudrait donc une surface minimale de 7 m² pour que le bruit ambiant soit acceptable et une surface largement supérieure à 10 m², de l'ordre de 12 m², pour en être certain. Les limites données par les normes d'ergonomie citées sont donc cohérentes avec le respect d'un niveau de bruit ambiant de confort.

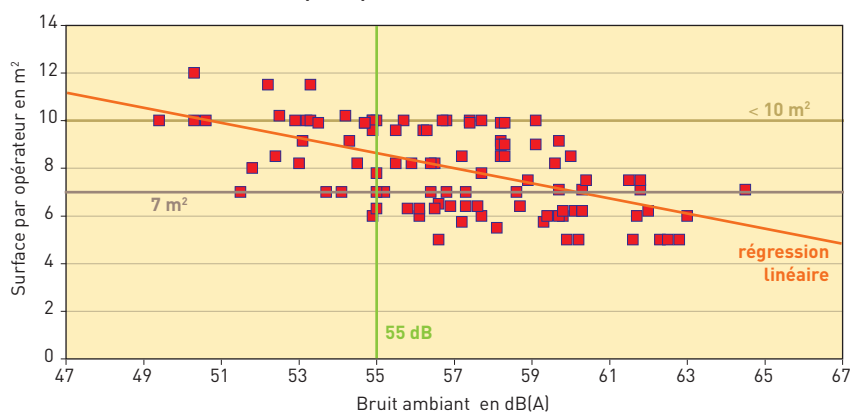
TRAITEMENT ACOUSTIQUE DU LOCAL

En premier lieu, le local doit être conçu le plus silencieux possible. Pour cela, l'isolation des bruits extérieurs et les équipements techniques doivent être conçus pour maintenir le bruit (local inoccupé) en-dessous de 45 dB(A), en conformité avec la norme NF S31-080 [4]. En particulier, la climatisation doit respecter cette limite quel que soit son régime de fonctionnement.

Si ce premier point est vérifié, les sources prépondérantes contribuant au bruit ambiant sont alors seulement les opérateurs. Statistiquement, ces derniers représentent des sources sonores à peu près homogènes et distribuées sur tout l'espace. Ainsi, le traitement acoustique du plafond est déterminant pour limiter la réverbération acoustique du local et diminuer globalement le bruit ambiant, ce qui a été vérifié lors de la campagne d'essais. Des niveaux de l'ordre de 57 à 59 dB(A) ont été relevés sur un plateau où la surface par opérateur était de 10 m², mais où le plafond n'était pas traité. Le plafond doit donc être habillé d'un faux-plafond acoustique de classe A, la classe d'absorption la plus élevée. Le bruit constitué de paroles est à dominante fréquentielle basse. Pour que l'absorption soit la plus élevée possible

FIGURE 4

Bruit ambiant versus surface par opérateur



aux basses fréquences, il est également important que le plénum (vide d'air entre le plafond et le faux-plafond) soit de 200 mm. Enfin, un gain supplémentaire – toujours aux fréquences basses – sera obtenu avec des plaques acoustiques du plafond présentant une épaisseur de 40 mm au lieu des 20 mm habituels. En dehors du traitement du plafond, incontournable, l'absorption acoustique du local pourra être également améliorée avec un traitement acoustique des vitrages au moyen de stores en tissus ou stores acoustiques, le traitement des murs (habillages en mousses ou laines revêtues de panneaux de tôles ou de bois perforés), du mobilier adapté incluant des écrans absorbants aux fréquences de la parole ou des perforations apportant un effet résonateur.

MOBILIER

Le mobilier conditionne le niveau de bruit émis entre postes voisins. En général, les opérateurs sont répartis sur des marguerites de 2, 4, 5 ou 6 places. L'espacement entre les postes d'une marguerite est faible et le son direct provenant des autres postes prédomine sur le son réverbéré ou provenant des autres marguerites. Pour diminuer l'impact du son direct, les fabricants de mobilier mettent généralement en place des écrans entre les postes. Or, pour qu'un écran soit efficace, il faut qu'il masque largement l'opérateur de ses vis-à-vis ainsi que des opérateurs des postes adjacents. Les écrans présentent une isolation qui dépend de leur masse surfacique. Pour qu'ils soient efficaces, il faut donc qu'ils soient également assez lourds. Enfin, une distance la plus grande possible entre les postes

est nécessaire ainsi que de la place pour l'opérateur.

Nous préconisons l'utilisation de marguerites de 4 personnes (au-delà, les postes de travail risquent d'être trop petits), avec des écrans entre postes d'au moins 1,4 m de hauteur et débordant sur les côtés afin de bien masquer les postes adjacents. Ces écrans devront présenter une bonne isolation (en particulier, ne pas présenter d'ouvertures ou de fuites) et être absorbants aux basses fréquences (fréquences de la parole). Pour que les opérateurs puissent se voir, ils pourront comporter une partie vitrée (vitrage épais, éviter le plexiglas qui est trop léger et donc apporte peu d'isolation acoustique) par exemple en partie haute. Enfin, chaque poste devra respecter les contraintes ergonomiques habituelles, c'est-à-dire permettre de faire varier la hauteur du clavier, la hauteur, l'orientation et l'inclinaison de l'écran, la hauteur du plan de travail (73±10 cm), la distance écran-œil (entre 50 et 70 cm pour un écran de 15").

AMÉNAGEMENT

L'aménagement peut aussi influencer l'ambiance acoustique. Un des paramètres prépondérant est la forme du plateau. Souvent, il s'agit de grandes surfaces rectangulaires défavorables car les sources de bruit (les opérateurs) sont toutes susceptibles de contribuer au bruit en un point donné. Il vaut mieux privilégier les formes allongées, ou positionner des bureaux ou des locaux communs (salles de réunion – toilettes – accès) au centre du plateau afin de casser le volume. Les formes arrondies ont aussi un effet positif sur le bruit parce

qu'elles réduisent le nombre de postes en vue directe. Enfin, il convient d'éviter les trop grands espaces.

Lorsque les marguerites sont trop proches les unes des autres, elles doivent être séparées par des écrans de plain-pied présentant les mêmes caractéristiques que les écrans intra-marguerite : bonne isolation, absorbants aux basses fréquences et pouvant comporter une partie vitrée. Leur hauteur doit être d'au moins 1,8 m.

Chaque centre d'appels doit inclure une salle de repos parfaitement isolée du plateau, en particulier sans accès direct, une ou des salles de formation (les formations sur le plateau sont à proscrire) et une ou des salles de réunion. Il s'agit de règles de bon sens, mais qui ne sont pas toujours respectées.

Les zones de circulation doivent être prévues de manière à perturber le moins possible les opérateurs en conversations. Il faut les concevoir pour qu'elles soient courtes et matérialisées par des panneaux acoustiques afin que les opérateurs les utilisent naturellement sans prendre des raccourcis qui gêneraient leurs collègues. Ces surfaces de circulation peuvent utilement séparer des rangées de marguerites.

Les machines (fax, imprimantes...) doivent être isolées, ne serait-ce que par des panneaux acoustiques. Elles ne contribuent généralement que faiblement au bruit ambiant, mais sont gênantes pour les opérateurs. Elles sont surtout très souvent mal tolérées, car elles s'ajoutent à un bruit ambiant déjà élevé pour un travail de bureau.

L'aménagement acoustique doit évidemment être réalisé en respectant les autres contraintes d'éclairage et thermiques [6].

ORGANISATION DU TRAVAIL ET COMPORTEMENT DANS LA COLLECTIVITÉ

Les centres d'appels mettent très rarement en place une organisation du travail dédiée pour limiter le bruit ambiant. Ce constat est regrettable car si l'outil est contraignant, il est très efficace. Les règles collectives sont simples : éviter les discussions longues sur le plateau, parler à voix mesurée aussi bien au téléphone qu'entre collègues, éviter les briefings individuels ou les formations

sur les postes des opérateurs, discuter avec les postes éloignés par téléphone ou en se déplaçant.

Ces règles supposent l'existence de salles de formation, de salles de réunion et d'espace de détente. Leur application doit être impérativement subordonnée à un aménagement correct du centre d'appels et au choix d'un équipement performant. Il convient aussi que le management les respecte. Sinon, elles ne seront pas acceptées par les opérateurs.

La façon dont les opérateurs parlent à leurs correspondants est aussi très importante. En particulier dans les métiers de la vente ou dans les cas conflictuels. Ainsi, une formation à la relation client renouvelée régulièrement est nécessaire. Elle peut avoir un impact positif sur l'ambiance acoustique des plateaux.

CONCLUSION

La campagne de mesure a confirmé que les opérateurs des centres d'appels pouvaient être exposés par les conversations téléphoniques à des niveaux de bruit quotidiens supérieurs aux limites réglementaires d'action. Le dépassement reste cependant rare. Le risque d'exposition à des bruits lésionnels est donc faible mais avéré. Il doit être pris en compte par les employeurs.

Nous avons mis en évidence un autre problème : celui du bruit ambiant. Il est souvent trop élevé et dépasse dans la majorité des cas les limites de confort, justifiant ainsi les nombreuses plaintes des opérateurs. La maîtrise du bruit ambiant exige un bon aménagement du centre d'appels : surface raisonnable par opérateur, local bien traité du point de vue de l'acoustique, mobilier adapté, bonne formation et information des salariés. Or, notre campagne de mesure montre que ces contraintes d'aménagement, pourtant raisonnables, sont très rarement respectées.

Les chocs acoustiques sont une réalité. Ils consistent en la survenue soudaine d'un signal généralement pur pouvant atteindre des niveaux élevés. Dans certains centres d'appels, ils se produisent de façon répétée. Leurs effets sur l'audition et le mécanisme physiologique conduisant à ces effets ne sont pas

établis, ni par la littérature, ni par nos observations, car ils n'ont pas été étudiés de façon assez approfondie pour arriver à une conclusion certaine. Il est indéniable qu'un choc acoustique traumatise certains opérateurs provoquant un stress lorsqu'ils doivent réutiliser leur téléphone. Il ne peut être exclu que ces chocs aient des effets physiologiques au moins temporaires. Aussi, tout doit être mis en œuvre pour les prévenir ou pour les supprimer, notamment lorsqu'ils se produisent de façon récurrente.

La simple limitation du niveau sonore peut être une solution pour prévenir l'exposition à des niveaux dangereux pour l'audition. Mais elle est difficile à mettre en œuvre et elle doit être accompagnée d'une bonne maîtrise du bruit ambiant, d'un choix de réseau et de matériel de téléphonie performants afin que les opérateurs conservent une bonne intelligibilité. Les amplificateurs avec la fonction atténuateur constituent la solution la plus simple à mettre en œuvre et une des mieux adaptées. Ils régulent le niveau sonore et offrent ainsi une meilleure marge pour l'intelligibilité. Enfin, les protecteurs numériques sont comparables aux amplificateurs et ils ont en plus l'avantage de filtrer le signal afin de l'améliorer et d'éviter la survenue de chocs acoustiques. En revanche, il semble que leurs traitements numériques du signal soient parfois un peu lents et conduisent à une petite dégradation de l'intelligibilité et/ou créent une impression d'écho. Dans tous les cas, ces solutions doivent être testées puis implantées en concertation avec les opérateurs. Les nouveaux arrivants doivent être informés des risques et formés à l'utilisation du matériel.

En conclusion, le risque d'exposition à des niveaux de bruits dangereux pour l'audition doit être évalué. S'il est avéré, des solutions de prévention existent. Par ailleurs, le bruit ambiant doit rester inférieur à 55 dB(A), afin que l'ambiance acoustique soit acceptable et que l'intelligibilité au téléphone soit correcte lorsque le niveau d'écoute est limité. Un bon aménagement des locaux, notamment lors de leur conception, le permettra.

Reçu le : 10/11/2010

Accepté le : 29/11/2010

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CHATILLON J., TROMPETTE N., OTTAVIANIP., PELLETIERE – Observation de l'activité en centre d'appels téléphoniques et limites d'exposition au bruit. *INRS – Hygiène et sécurité du travail* – 3e trimestre 2009 – 216 pp.33-40. ND 2314.
- [2] NF EN ISO 11904-2 *Acoustique – Détermination de l'exposition sonore due à des sources sonores placées à proximité de l'oreille – Partie 2 : technique utilisant un mannequin*. Paris, AFNOR, Juin 2005, 16 p.
- [3] NF EN ISO 9612:2009. *Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail – Méthode d'expertise*. Paris, AFNOR, Décembre 2009.
- [4] NF S31080. *Bureaux et espaces associés – Acoustique – Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace*. Paris, AFNOR, Janvier 2006, 18 p.
- [5] WISNER A. – *Manuel Bruits et Vibrations*. Chapitre II : Éléments de Physiologie et de Pathologie des Bruits. Editions INRS n°254B, 1970
- [6] Les centres d'appels téléphoniques – *Fiche pratique de sécurité*, ED 108, INRS, 2009, 6 p.
- [7] ISO 9241-5:1998 – *Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV) – Partie 5: Aménagement du poste de travail et exigences relatives aux postures*. Paris, AFNOR. Octobre 1998.
- [8] NF X 35-102. *Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux*. Paris, AFNOR. Décembre 1998.
- [9] PLANEAU V., ROBINET D. – Évaluation de l'exposition sonore quotidienne des opérateurs de centres d'appels téléphoniques. *INRS, Note scientifique et technique*, NST 231, 2003.
- [10] PATEL J.A., BROUG K. – Assessment of the noise exposure of call centre operators - *Occupational Hygiene*, 2002, nolume 46, No 8, pp. 653-661.
- [11] PERRETTI A., PEDRIELLI F., BAIAMONT M. – *Headphone noise : occupational noise exposure assessment* – Euronoise, Naples, 2003.
- [12] DAJANI H., KUNOV H., SESHAGIRI B. – Real-time method for the measurement of noise exposure from communication headsets – *Applied Acoustics*, volume 49, issue 3, november 1996, pp. 209-224.
- [13] DILLON H., FISHER M. – *National Acoustic Laboratories – Acoustic shock - an overview* – *Communication ISA*, Melbourne, Mars 2002
- [14] WESTCOTT M. – *Acoustic Shock Injury*, Australia Acta Otolaryngol Suppl., 2006
- [15] MILHINCH J.C. – *Acoustic Shock Injury: Real or Imaginary?*, America Audiology Network, 2002.
- [16] *Australian Communications Industry Forum: Guideline – Acoustic safety for telephone equipment* – publication ACIF G616, 2004.
- [17] LAZARUS H. – Prediction of verbal communication in noise – A development of generalized SIL curves and the quality of communication (Part 2) – *Applied Acoustics*, 1987, volume 20, issue 4, Pages 245-261.
- [18] SHAWA W.A., NEWMAN E.B. and HIRSH I.J. – The difference between monaural and binaural thresholds – *Applied Acoustics*, 1987, volume 37, issue 3, june 1947, pp. 229-242.
- [19] GERRY A. STEFANATOSA & all – *Activation of human auditory cortex during speech perception: Effects of monaural, binaural, and dichotic presentation* – *Neuropsychologia*, volume 46, issue 1, 2008, pp. 301-315.
- [20] FAURE J. – Téléphonie de centre d'appel : quels sont les impacts de l'évolution technologique sur l'expérience auditive de l'opérateur ? Journée AFNOR. *Rencontre du Club des Adhérents – L'acoustique des centres d'appel – Une dimension essentielle*, 19 novembre 2008, Paris.