



Gêne acoustique des salariés dans le tertiaire : évaluations et solutions de prévention

J. Chatillon et P. Chevret
INRS, rue Morvan, 54519 Vandoeuvre Les Nancy, France
jacques.chatillon@inrs.fr

Les nombreux salariés du tertiaire travaillant en bureau ouvert sont très rarement exposés à des niveaux de bruit lésionnels. En revanche, ils sont soumis à des bruits d'équipement ou de conversation qui les gênent, les fatiguent ou les déconcentrent. Ces bruits constituent une nuisance, qu'il est nécessaire d'évaluer puis de réduire. Pour ce faire, différents travaux ont été initiés ces dernières années. En l'absence de cadre réglementaire, les normes au niveau international comme au niveau français cherchent à donner des valeurs guides au préventeur d'entreprise comme au concepteur d'espaces ouverts pour que les caractéristiques acoustiques (bruit de fond, intelligibilité, discrétion) soient adaptées au travail demandé. Les modèles de calcul de l'ambiance sonore font toujours l'objet d'améliorations afin d'évaluer les solutions avant conception ou pour correction de situations existantes. Les vérifications de terrain doivent inclure de la métrologie capable d'estimer des paramètres classiques (bruit de fond, décroissance spatiale, temps de réverbération) et moins classiques (intelligibilité, taux de modulation) et croiser ces données avec des enquêtes auprès des salariés. Les études récentes montrent que la gêne est évidemment très liée au caractère intelligible des bruits mais que, d'une part, les indicateurs classiques d'intelligibilité sont insuffisants pour évaluer une diminution de la performance des salariés et que, d'autre part, il semble que les salariés compensent la gêne ressentie en augmentant leurs efforts pour accomplir leurs tâches avec les mêmes résultats. Pour aller plus loin, les futures recherches devront montrer comment la fatigue accumulée sur la journée de travail est liée aux sources sonores ou si la répartition spatiale des sources a une grande importance dans le ressenti de la gêne.

1 Introduction

L'INSEE estime que plusieurs millions de salariés travaillent aujourd'hui en France dans le secteur tertiaire et qu'une partie non négligeable (plusieurs centaines de milliers de personnes) de ce secteur travaille en bureaux ouverts. Il est connu aussi que beaucoup de salariés rattachés à des activités de production industrielle (automobile, aéronautique, etc.) sont, bien que non identifiés comme travailleurs du tertiaire, cantonnés à des tâches intellectuelles effectuées dans des bureaux ouverts. C'est dire si la connaissance de ces locaux de travail revêt aujourd'hui une grande importance quand on s'intéresse aux risques professionnels et à la santé au travail.

Parmi les nuisances rencontrées dans les bureaux ouverts, le bruit fait constamment l'unanimité dans les plaintes des salariés [1]. L'accomplissement d'un travail demandant de la concentration intellectuelle, de l'attention au téléphone ou la nécessité de comprendre un interlocuteur (collègue ou client) font que l'intrusion d'un bruit non désiré dans sa sphère privée constitue une gêne. Evidemment, les bruits majoritairement rencontrés dans ces espaces de travail sont à des niveaux suffisamment bas pour ne pas présenter un risque auditif. En revanche, leur niveau, leurs émergences, leurs caractéristiques spectrales ou temporelles ou bien leur intelligibilité peuvent les rendre rapidement gênants ou fatigants. Ce constat a conduit différents acteurs (préventeurs, médecins du travail, ergonomes, employeurs, salariés, scientifiques, etc.) à s'y intéresser de plus en plus depuis quelques années.

Dans cette optique, de nombreuses avancées ont été effectuées. Elles peuvent être liées à la normalisation qui tente de donner des valeurs guides, aux personnes préconisant des améliorations ou aux concepteurs d'espaces ouverts, afin d'atteindre un confort acoustique adéquat dans les espaces ouverts. Elles peuvent être en rapport avec la métrologie qui a besoin aujourd'hui d'évaluer avec précision des indicateurs acoustiques plus ou moins complexes dans des espaces à la géométrie ou l'agencement irréguliers. Elles peuvent aussi être liées aux modèles de calcul largement utilisés pour prévoir, à la conception ou en cas de correction de situation, les niveaux de bruit attendus (et leurs caractéristiques spectrales ou temporelles) dans une configuration donnée d'espace ouvert. Elles peuvent enfin être connectées aux enquêtes nécessaires pour

comprendre le ressenti des salariés de leur espace de travail en général, et de leur espace sonore en particulier.

Ce papier se propose de faire un bilan sur l'ensemble de ces aspects, et de finalement tenter d'éclaircir des points de vue prospectifs sur les besoins en études et recherche pour l'acoustique des bureaux ouverts.

2 Réglementation

Même si l'employeur « doit réduire le bruit au niveau le plus bas raisonnablement possible » (Code du travail avant 2008), l'évaluation des risques dans les bureaux ouverts montre que les niveaux d'exposition sonore sont en dessous des seuils d'action de la législation, même dans la plupart des centres d'appels très bruyants [2]. Le premier de ces seuils d'action est fixé, pour les bruits continus, à un niveau d'exposition de 80 dB(A) pour 8 heures de présence dans le bruit. Il est aisé de comprendre que ce niveau, dans un bureau ouvert où le bruit ambiant dépasse très rarement 60 à 65 dB(A) en moyenne, n'est jamais atteint.

Pourtant, le bruit est la nuisance physique la plus ciblée par les plaintes des salariés travaillant en bureau ouvert, bien avant l'inconfort thermique, l'éclairage ou d'autres facteurs de gêne liés à l'environnement. La réglementation, dont les seuils sont centrés sur les bruits lésionnels présents dans les industries de transformation, n'est donc pas un point d'entrée pertinent pour établir des objectifs chiffrés dans le but d'améliorer la situation sonore des salariés dans les bureaux ouverts.

Néanmoins, diverses recommandations [3] ou normes ergonomiques [4, 5], applicables au secteur tertiaire ou au travail sur écran, permettent de déterminer dans quelle mesure les salariés soumis à un certain bruit ambiant peuvent être capables d'effectuer leur travail en évitant la fatigue et en particulier la fatigue auditive, en diminuant les risques de stress (le bruit étant un cofacteur) et en maintenant leurs performances (par exemple : diminution des risques d'erreurs). Ces textes font référence à un niveau moyen $L_{Aeq,T}$ qu'il est recommandé de maintenir en dessous de 52 à 55 dB(A). Même si ces recommandations ont le mérite d'aller plus loin que la réglementation, les limites d'une telle appréciation globale sont assez évidentes. Un niveau moyen est une quantité simple finalement simpliste et extrêmement réductrice, où l'on masque les fluctuations temporelles et la richesse spectrale du bruit gênant.

Quand on estime le bruit de fond par bandes de fréquence, ce qui est un peu plus précis, on dispose des courbes dites de Wisner [6] provenant des courbes NR (Noise Rating) développées par l'ISO en 1971 [7] ou de leurs dérivées (Preferred Noise Criterion, PNC ou Balanced noise-criterion, NCB [8]). Ces courbes sont bien connues et utilisées largement en France par les préventeurs. Elles servent en particulier pour définir, par bandes de fréquence, des limites à des ambiances sonores supportables ou non par des salariés du tertiaire selon la difficulté du travail intellectuel qui leur est demandé. Les courbes de Wisner, rappelées figure 1, fixent les limites suivantes, pour le niveau de bruit ambiant mesuré octave par octave entre 125 Hz et 4 kHz :

- dans la zone 1, le travail intellectuel, même complexe et demandant une grande concentration, s'effectue sans aucune gêne vis-à-vis du niveau de bruit,
- dans la zone 2, le travail intellectuel complexe peut devenir pénible. Le travail routinier (administratif ou commercial) n'est pas gêné de façon nette,
- dans la zone 3, le travail intellectuel complexe est extrêmement pénible. Le travail routinier (administratif ou commercial) est difficile,
- dans la zone 4, une exposition prolongée peut conduire à une surdité.

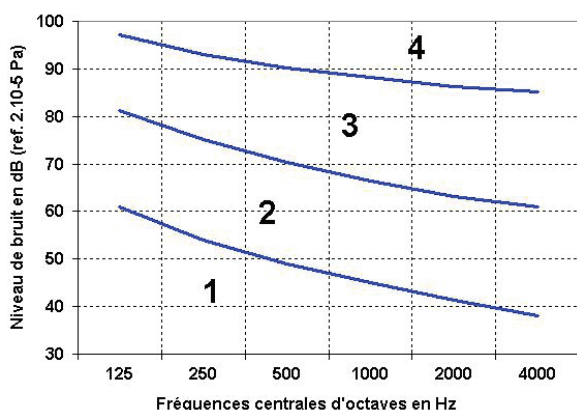


Figure 1: courbes dites de Wisner.

Ces courbes très anciennes (1970) se voulaient donc déjà reliées à la gêne ressentie par les salariés selon leur activité : travail intellectuel complexe ou travail administratif routinier etc. La normalisation s'est depuis intéressée à analyser les ambiances sonores dans le tertiaire ou à fixer des objectifs à atteindre pour le confort acoustique avec d'autres indicateurs que ceux décrits dans ce paragraphe.

3 Normalisation

Au-delà des normes ergonomiques citées juste au-dessus, de nombreux articles sont déjà parus sur les travaux de normalisation récents dans le domaine de l'acoustique des bureaux, par exemple [9, 10]. Un bref résumé et quelques commentaires sont proposés ci-dessous.

La normalisation française a d'abord, ces dernières années, proposé une norme, la NFS 31-080 [11], qui traite de la performance acoustique des espaces de bureaux et considère la performance d'un plateau souvent préalablement à son aménagement et s'intéresse donc aux potentiels d'améliorations pendant la phase de conception.

On peut la qualifier d'architecturale car cette norme ne s'intéresse qu'au *bureau vide* de ses occupants, elle ne tient donc pas compte du bruit d'occupation (hormis le bruit d'équipements permanents, comme les ventilations). En revanche, elle possède le mérite de proposer une typologie de bureaux (bureaux individuels, bureaux collectifs et espaces annexes) et les classe comme pouvant être plus ou moins performants du point de vue acoustique. Cette performance acoustique est estimée bureau vide mais elle est supposée directement liée au niveau de bruit qui pourra être évalué au final dans le bureau occupé. En effet, la performance est rapportée à des valeurs cibles pour des indicateurs physiques assez classiques (comme, entre autres, la décroissance spatiale des niveaux sonores, le bruit de fond des équipements, le temps de réverbération et l'isolement aux bruits aériens) tous reliés au traitement acoustique et à sa capacité à isoler de l'extérieur et assourdir les bruits internes au local.

Entre temps, une norme internationale est parue [12], sous l'égide des pays nordiques [13], qui a proposé une approche complémentaire puisque le bruit supposé gênant, dans ce texte, est un bruit de parole. La décroissance des sons dans le local (meublé) est mesurée avec un spectre de source de parole qui conduit finalement à définir une distance de discrétion au-delà de laquelle l'intelligibilité est limitée.

Le travail continuant au niveau français [10] a donné naissance à un projet nommé NF S 31-199 qui vient en complément de la norme architecturale citée [11] pour :

- définir une nouvelle typologie des bureaux ouverts, relative à l'activité et se concentrant sur les besoins de communication entre individus dans l'espace,
- s'intéresser à des indicateurs objectifs de la qualité acoustique du local mais aussi de la possibilité de communiquer ou de s'isoler du bruit ambiant,
- s'intéresser aussi, ce qui est nouveau, au ressenti de leur environnement sonore par les salariés eux-mêmes, à travers un questionnaire.

Il est clair que les évolutions normatives suivent les évolutions constatées dans les réflexions des acteurs au sujet des nuisances sonores dans les espaces ouverts. Ces évolutions ont concerné, à notre avis, trois aspects notables :

- d'abord la reconnaissance et la prise en compte du *bruit de parole* (spécificité du spectre, instationnarités, modulations) comme étant la clé de voûte des investigations sur la qualité acoustique des bureaux ouverts,
- ensuite la prise en compte de l'homme en tant qu'occupant ayant des *tâches spécifiques* à accomplir et une *qualité de communication* à entretenir avec ses collègues ou interlocuteurs extérieurs,
- pour finir, la prise en compte, à côté de tous les critères objectifs familiers de l'acousticien, *du ressenti* de l'occupant du bureau ouvert, donc des aspects subjectifs (qu'on cherche d'ailleurs souvent à relier aux critères objectifs).

En résumé, nous avons donc complété le quantitatif par du qualitatif, comme cela s'est beaucoup fait dans d'autres domaines de l'acoustique (bruit des transports, des machines : qualité sonore, design sonore).

Quelles nouvelles évolutions sont attendues ? Quelles lacunes laisseront ces normes en gestation ou tout juste

déployées ? Il est encore trop tôt pour le dire, mais il est certain qu'au-delà des récentes évolutions, le contrôle individuel, par l'occupant du bureau ouvert, de son confort acoustique sera sûrement un challenge intéressant pour l'avenir.

4 Modèles

Les modèles utilisés dans le cadre du bruit au travail ou de l'acoustique architecturale sont mieux adaptés, depuis quelques années, aux bureaux ouverts. En général, ils étaient conçus et validés, historiquement, soit pour vérifier que la conception d'un atelier bruyant permettait de soustraire des ouvriers à du bruit lésionnel [14], soit pour vérifier qu'une source unique (comme un orchestre) pouvait contenter une foule d'auditeurs répartis dans une grande salle de spectacle ou que l'acoustique d'un bâtiment correspondrait à la réglementation (cf. logiciels du CSTB Acoubat, Icare, Micado, ...).

Dans le premier cas, on avait généralement affaire à un milieu de géométrie simple (atelier en forme de « boîte à chaussures ») et extrêmement réverbérant au départ (le modèle servant à proposer des solutions d'amélioration) dans lequel le champ était souvent très diffus. L'adaptation de ces modèles au cas des bureaux ouverts ne s'est pas faite directement, ces bureaux présentant des caractéristiques très différentes des ateliers envisagés. D'une part le très grand nombre de détails architecturaux à prendre en compte (bureaux, mobilier, cloisonnettes, etc.) ont rendu complexes les descriptions en entrée du modèle (cf. figure 2) . D'autre part, les calculs eux-mêmes ont nécessité une plus grande complexité intrinsèque à la propagation dans de tels locaux, on citera à titre d'exemple la prise en compte de la diffraction [15, 16].

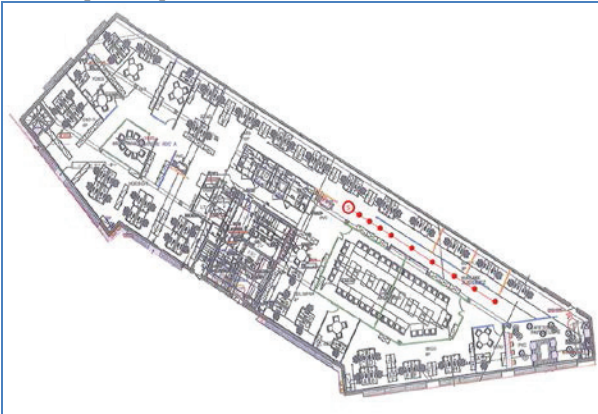


Figure 2 : exemple de complexité architecturale d'un bureau ouvert (850 m², 70 salariés).

Aujourd'hui comme hier, cohabitent de nombreux modèles de calcul, certains exacts mais limités par exemple en fréquence, d'autres plus approximatifs mais collant mieux à la réalité du terrain (géométries complexes, large bande de fréquence). De toute évidence, avantages et inconvénients, performances et limitations se partagent sur différentes frontières que chaque utilisateur pourra définir pour ses besoins propres.

Qu'attendre aujourd'hui de ses modèles ? Beaucoup de choses nous manquent, apparemment, car les résultats sont encore trop souvent cantonnés à des cartographies globalisées (comme cela se faisait pour le bruit industriel) ou à des estimations des décroissances spatiales. La spécificité du bureau ouvert (grand nombre de sources,

éventuellement considérées comme directives, bruit instationnaire, etc.) et celle des indicateurs associés (intelligibilité, discrétion, etc.) ne sont pas encore vraiment vulgarisées dans les modèles validés.

D'autre part, les concepteurs sont toujours en attente de modèles extrêmement simplifiés (rapides, capables de tracer des grandes lignes) pour dégrossir les situations dès les stades d'avant-projet. Ces modèles peuvent être développés avec un grand intérêt en les validant, bien entendu, grâce aux modèles plus complets et surtout en étant capables de les relier à des indicateurs de la performance acoustique des locaux plus ou moins complexes. Pour finir, ce qui serait novateur pourrait être de les connecter à des indicateurs reliés à la gêne ressentie (subjective) des utilisateurs. C'est une partie de cette approche qui est présentée dans ce congrès par le papier de J. Jagla [17].

5 Métrologie

Si les modèles sont très utiles dans les phases d'étude de conception ou de correction de situations existantes, l'approche terrain et la vérification in situ des situations ou de l'atteinte des objectifs sont toujours nécessaires. Quelle métrologie pour mesurer quelles grandeurs est-elle demandée aujourd'hui pour l'acoustique des bureaux ouverts ?

5.1 Indicateurs classiques

Les indicateurs classiques des niveaux de pression sont aujourd'hui tous aisément mesurables avec un sonomètre d'expertise : $L_{Aeq,T}$ niveau de pression acoustique équivalent pondéré A ; L_{50} niveau de pression acoustique pondéré A atteint ou dépassé durant 50% de la durée de mesure avec des $L_{Aeq,1s}$; L_{max} valeur maximale de $L_{Aeq,1s}$ sur la durée de mesure ; les niveaux de pression par bande d'octave (afin d'en déduire le positionnement de cette pression par octave par rapport aux courbes NR). Ils peuvent être mesurés local vide (NF S 31-080) ou occupé.

Même si on en a souligné les limitations, les indicateurs les plus simples sont évidemment les plus utilisés depuis très longtemps et représentent, pour l'acousticien effectuant le diagnostic sonore d'un bureau ouvert, les premiers chiffres à partir desquels seront dérivés d'abord un constat puis des préconisations.

Classiquement la qualité acoustique du local se mesure à l'aide d'autres indicateurs nécessitant des sources de bruit artificielles : T_r temps de réverbération à -60 dB (source impulsive ou continue interrompue) ; $D_{1,2}$ décroissance spatiale, mesurée sur des lignes droites en l'absence de mobilier, avec des sources continues de bruits roses (NF S 31-080) ou de parole (ISO 3382-3) ; isolements aux bruits aériens extérieurs, intérieurs, aux bruit de choc.

Une évolution récente de ces derniers indicateurs classiques concerne la décroissance spatiale. Historiquement mise en œuvre, en France, dans les locaux industriels bruyants (Arrêté du 30 août 1990), elle était mesurée en ligne droite dans des couloirs ou circulations avec des sources de bruit rose et se trouvait donc limitée à -6 dB par doublement de la distance (ondes sphériques en espace libre). Sa mise en œuvre dans les bureaux ouverts meublés a posé différents problèmes : comment tenir compte de la spécificité du nombre important de postes de travail (= des sources de bruit) et de l'agencement de ces

postes ? Comment tenir compte de la spécificité du bruit le plus gênant en plateau paysager ? Il a fallu s'éloigner de la physique (-6 dB/doublement) et du spectre industriel pour aller plus loin que la norme ISO 14257. Il est aujourd'hui possible selon la norme internationale ISO 3382-3 de tracer une décroissance à travers du mobilier (bureaux, écrans, cloisonnettes, etc.) pour obtenir un résultat de, par exemple, -8 dB/doublement de la distance. D'autre part, cette norme préconise une source présentant un spectre de parole. Cette évolution permet de calculer ensuite un niveau de pression acoustique à 4 m de la source gênante et, par la mesure du bruit de fond sur les points de la décroissance, le STI et un rayon de discrétion ($STI < 0,5$) en mètre.

A partir de ces nouvelles recommandations, on a donc accès à des grandeurs plus conformes à la réalité du bureau ouvert dont le bruit de fond est évidemment plutôt un bruit de conversations et pour lequel l'intelligibilité poste à poste est une grandeur à gérer activement (pour permettre la communication ou, au contraire, éviter la gêne due à une compréhension inutile de conversations parasites).

5.2 Nouveaux indicateurs

Le challenge aujourd'hui est de commencer par montrer l'utilité et par faire accepter les indicateurs classiques liés à l'intelligibilité de la parole. Par exemple, le STI n'est pas encore souvent mesuré par les acousticiens de bureaux d'études et de conseils. Mais il est aussi de montrer que cet indicateur est insuffisant pour relier les fonds sonores relevés en bureaux ouverts au ressenti de la gêne sonore par les occupants des lieux.

Les bruits de parole plus intelligibles dans les bureaux ouverts semblent conduire à une plus forte gêne dans l'accomplissement d'une tâche [18]. Une caractéristique intéressante de ces bruits de parole, relativement à leur intelligibilité, semble être leur taux de modulation. Une écoute « dans les trous » d'un bruit modulé permet en effet de gagner en intelligibilité, ce qui n'est pas mesuré par le STI. Il semble donc intéressant d'aller plus loin et, par exemple, d'améliorer cet indicateur en le modifiant pour tenir compte de la modulation [19].

D'autre part, relier le ressenti des salariés à des indicateurs acoustiques (niveaux, émergences, indicateurs musicaux, brillance, noisiness, roll-off, ...) ou psycho-acoustique (sonie) capables de discriminer des sources différentes permettrait des progrès dans la caractérisation de l'ambiance sonore liée à la gêne. Ce sont des travaux actuellement menés dans un projet de recherche et rapportés par J. Rouch [20] d'une part et L. Brocolini [21] d'autre part, dans ce congrès.

5.3 Subjectif et ressenti

Pour terminer, il est nécessaire d'aborder les aspects subjectifs, que l'on a évoqués très souvent dans les paragraphes précédents. Le ressenti des occupants d'un bureau ouvert, se mesure aussi, même si c'est au travers d'enquêtes. On peut donc parler de métrologie *subjective*, qui présente un grand intérêt pour l'acousticien ou le concepteur d'espaces ouverts, dès qu'elle est *reliée* à des mesures *objectives*.

Il ne s'agit plus, en effet, de vérifier que le bruit est gênant mais de savoir quel bruit, pour quelles raisons et avec quelles conséquences sur le déroulement du travail des tâches à accomplir, et éventuellement quelles conséquences à terme sur la santé des salariés.

Pour cela, des questionnaires peuvent être remplis par les occupants d'un bureau ouvert, en préservant leur anonymat, comme d'autres questionnaires sont déployés depuis longtemps sur le bruit (dans l'environnement : riverains d'endroits bruyants et usagers de transports, par exemple) ou sur d'autres questions relatives au ressenti des salariés de leur propre santé, de leur stress, de leur bien-être au travail, etc.

Un questionnaire répondant à ces objectifs a été élaboré dans le cadre d'un projet de recherche [22] et déployé dans des entreprises du tertiaire. Il a, début 2013, été rempli par environ 300 salariés de 15 entreprises. Ce questionnaire comprend environ une soixantaine de questions groupées en rubriques :

- qualités du répondant (sexe, âge, ancienneté, etc.),
- quel est l'environnement physique de travail et quel contrôle, quelle satisfaction en a le répondant ?
- quel est l'environnement sonore de travail et quelle est la gêne ressentie ?
- quelle sensibilité au bruit en général a le répondant ?
- quel ressenti sur sa propre santé a le répondant ?

Ce questionnaire a déjà permis de segmenter les différentes sources de bruit en plusieurs catégories reliées à la gêne (paroles intelligibles, paroles inintelligibles, machines de bureau, circulation-pas). Par l'ensemble des questions abordées, il permet une exploitation intéressante des ressentis de gêne vis-à-vis d'autres dimensions (par exemple âge, ou bien sensibilité au bruit ou bien stress, etc.).

Surtout, le questionnaire a souvent été déployé de manière concomitante avec des mesures objectives, ce qui permet d'atteindre les objectifs précisés plus haut, de tenter de relier les indicateurs (classiques ou plus novateurs) avec la gêne ressentie sur le terrain.

Il est aujourd'hui proposé qu'il fasse partie intégrante (informative) de la norme citée en projet [10].

6 Conclusion

Il est clair que l'acoustique des bureaux ouverts continuera de faire l'objet d'études et recherche et d'évolutions normatives dans les années à venir, à la fois parce que ce mode d'organisation du travail a de beaux jours devant lui et parce que l'on touche un domaine où les niveaux moins élevés que dans l'industrie sont plus propices à des études qualitatives et complexes.

Que peut-on espérer de l'évolution des différents outils mis à notre disposition pour optimiser l'acoustique de ces lieux de travail ?

Du côté de la normalisation, il semble que le consensus se soit fait sur la reconnaissance de la spécificité des bruits et de leur propagation dans les bureaux ouverts. Au-delà de ces progrès, les bureaux d'étude sont parfois un peu réticents à voir apparaître dans les normes des indicateurs et des valeurs cibles dont ils n'ont pas encore la maîtrise. Se posent en effet des problèmes de réalisation (aspects techniques) et de coût (aspects commerciaux) liés aux prestations, puis les mêmes obstacles peuvent se rencontrer sur les aspects touchant aux préconisations. Il reste à espérer que ces difficultés seront au fil du temps levées grâce à des outils (métrologie, dépouillements, calculs) mis à la disposition des praticiens ainsi que grâce à la progression de l'expertise de tous. En tout cas, la réglementation ne viendra sans doute pas au secours de la normalisation, car, comme nous l'avons noté plus haut,

notre sentiment est que le législateur a déjà fort à faire avec les niveaux lésionnels pour ne pas alourdir une législation déjà complexe en traitant de manière spécifique des secteurs particuliers comme le secteur tertiaire, ou effectuant la liaison avec d'autres nuisances ou d'autres risques (stress). La tendance d'aujourd'hui est d'ailleurs de laisser beaucoup de latitude aux partenaires sociaux pour adapter, au cas par cas, des préconisations spécifiques sur des nuisances au travail, par des accords de branche ou d'entreprise.

Du côté des modèles, l'historique montre que plusieurs écoles (chapelles ?) continuent à cohabiter, entre ceux qui veulent aller vite et ceux qui veulent de la précision, entre les mathématiciens et les praticiens etc. On ne résoudra pas les divergences ou différences ici et l'on serait tenté de mettre tout le monde d'accord à tout prix en parlant *de solutions de compromis*, ce qui ne serait pas élégant. A notre avis, ces différences ou divergences ont toutes des bonnes raisons d'exister et donc sont pérennes. Il sera positif de finalement parler non pas d'antagonisme mais plutôt de complémentarité. Les études et recherche ont déjà été fort nombreuses sur ces sujets dans les trente dernières années. Il semblerait que les progrès attendus aujourd'hui soient plus :

- dans l'atteinte d'un ratio précision sur effort de description raisonnable devant le temps imparti à l'étude d'un cas pour un acousticien conseil,
- dans la possibilité d'ajouter dans les modèles des critères en relation avec la gêne sonore,
- dans la possibilité de relier les résultats chiffrés à des critères subjectifs ou décrits dans les normes.

Pour la métrologie, tous les outils les plus innovants existent, au moins à l'état de prototypes, dans les laboratoires. Il s'agit, pour aller plus loin, de valider des protocoles (mesure du STI par exemple ou de D_L) dans un contexte expérimental de terrain qui intègre des contraintes liées à l'activité des bureaux ouverts : salariés présents, bruit ambiant mesuré avec toutes ces composantes, fluctuations, etc.

Les questionnaires déployés systématiquement dans les bureaux auprès des salariés conjointement à des mesures objectives sont, à notre connaissance, une nouveauté et une originalité. Ils sont complètement justifiés par les aspects liés à la *gêne ressentie* que l'on cherche à mettre en évidence elle-même éclairée par les niveaux de bruit assez faibles des bureaux ouverts. Ils montrent, d'après les premiers constats, des résultats tout à fait intéressants pour orienter l'acousticien vers des analyses ciblées des situations, des sources de bruit, de l'aménagement ou du traitement acoustique.

Remerciements

Les auteurs remercient les collègues participant à ce congrès ou à ses communications (INRS J. Rouch ; INSA de Lyon : L. Brocolini, E. Parizet ; CSTB : I. Schmich, J. Jagla, P. Jean ; ECOPHON : Y. Le Muet) pour leurs contributions indirectes à ce papier.

Les auteurs remercient aussi les participants à la commission S30D « locaux de travail » de l'AFNOR et remercient également l'ANSES car une partie du travail présenté ici provient de réflexions engagées dans cette commission de normalisation et dans des projets de

recherche (GABO Gêne acoustique dans les bureaux ouverts, d'une part et MEPAS Méthodes pour les prévisions acoustiques simplifiées dans les locaux, d'autre part) effectués avec le concours apporté par le Programme *Environnement-Santé-Travail de l'ANSES avec le soutien des ministères chargés de l'écologie et du travail*.

Références

- [1] ETUDE SBiB - Enquête Suisse dans les bureaux, Haute Ecole de Lucerne, avril 2010. <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/19120.pdf> (consulté le 18/10/2013), disponible en ligne (159 pages).
- [2] N. Trompette and J. Chatillon, Survey of Noise Exposure and Background Noise in Call Centers Using Headphones. *J. of Occup. and Env. Hyg.* 9(6) 2012. pp 381-386
- [3] Institut national de recherche et de sécurité (INRS) – Fiche pratique de sécurité. ED 108: Les centres d'appels téléphoniques. Août 2009. 6 p.
- [4] 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.
- [5] NF X 35-102 - Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux. Paris, AFNOR. Décembre 1998.
- [6] A. Wisner, Manuel Bruits et Vibrations. Chapitre II : Éléments de Physiologie et de Pathologie des Bruits. Editions INRS n°254B, 1970.
- [7] ISO International Organization for Standardization. Recommendation ISO/R 1996—1971, Acoustics — Assessment of Noise with Respect to Community Response.
- [8] L.L. Beranek, Balanced noise-criterion (NCB) curves. *J. Acous. Soc. Am.* 86(2). August 1989, pp. 650-664.
- [9] Y. Le Muet, Acoustic of open-spaces – Overview of standardization work. Proceedings of the Acoustics 2012 Nantes Conference. HAL <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/81/05/76/PDF/hal-00810576.pdf>
- [10] Y. Le Muet et P. Chevret, Acoustique des bureaux ouverts : vers une nouvelle norme française. 12^{ème} Congrès Français d'Acoustique. Poitiers. Avril 2014.
- [11] NF S 31-080, Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace, 2006. AFNOR - Paris.
- [12] ISO 3382-3 Acoustique – Mesurage des paramètres acoustiques des salles – Espaces ouverts. Février 2013.
- [13] P. Virjonen, J. Keränen and V. Hongisto, Determination of acoustical conditions in open plan offices. Proposal for new measurement method and target values. *Acta Acust. United with Acus.* 2009. 95. pp. 279-290.
- [14] A. M. Ondet and J. L. Barbry, Modelling of sound propagation in fitted work-shops using ray tracing, *J. Acoust. Soc. Am.* 85(2), 787-796 (1989).
- [15] P. Chevret and J. Chatillon, Implementation of diffraction in a ray-tracing model for the prediction of noise in open-plan offices. *J. Acoust. Soc. Am.* 132, 3125 (2012).
- [16] I. Schmich et al., Quelle précision attendre des outils de simulation pour l'application aux bureaux à espace décloisonné ? Actes du 10^{ème} Congrès Français d'Acoustique. 2010. Lyon. HAL <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/55/05/46/PDF/000490.pdf>
- [17] J. Jagla et al., Prédiction de l'ambiance acoustique des bureaux ouverts. 12^{ème} Congrès Français d'Acoustique. Poitiers. Avril 2014.
- [18] A. Ebissou, Gêne sonore en bureaux ouverts : influence de la présence de plusieurs voix intelligibles. Thèse présentée le 5 décembre 2013 à l'INSA de Lyon. Ecole doctorale MEGA. 143 pages.
- [19] P. Chevret et J. Chatillon, Etude du démasquage par la modulation du bruit ambiant en bureau ouvert. 12^{ème} Congrès Français d'Acoustique. Poitiers. Avril 2014.
- [20] J. Rouch et P. Chevret, Identification de paramètres physiques du signal pour l'évaluation de la gêne en bureaux ouverts. 12^{ème} Congrès Français d'Acoustique. Poitiers. Avril 2014.
- [21] L. Brocoloni et al., Influence du type de source sonore sur l'évaluation de la gêne et de la performance dans les bureaux ouverts. 12^{ème} Congrès Français d'Acoustique. Poitiers. Avril 2014.
- [22] M. Pierrette, E. Parizet and P. Chevret, Perception and evaluation of noise sources in open plan office. *ASA Meetings proc. POMA 19, 040127* (2013).