



## **Acoustique des bureaux ouverts : vers une nouvelle norme française**

Y. Le Muet<sup>a</sup> et P. Chevret<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Saint-Gobain Ecophon, 19 rue Emile Zola, 60290 Rantigny, France

<sup>b</sup>INRS, rue Morvan, 54519 Vandoeuvre Les Nancy, France

yoan.le-muet@saint-gobain.com

La prise en compte de la gêne sonore lors de la construction et l'aménagement de bureaux ouverts est aujourd'hui un objectif majeur pour les experts composant les groupes de normalisation internationaux. Récemment en 2012, la norme internationale ISO 3382-3, spécifiant les méthodes de mesurage des propriétés acoustiques des bureaux ouverts meublés a vu le jour. Elle est aujourd'hui utilisée par la grande majorité des bureaux d'études acoustiques européens. Cependant, malgré les progrès réalisés par cette norme, elle présente encore des limitations selon les experts du groupe de normalisation AFNOR S30D. Notamment, elle ne fait pas de différenciation entre les différents types de bureaux ouverts existants ; ceci au même titre que la norme NF 31-080 utilisée à ce jour par la plupart des bureaux d'étude français.

L'objet de la nouvelle norme française en préparation depuis 2007 est de réaliser une typologie des bureaux ouverts, puis de préconiser pour chaque type, des indicateurs d'évaluation de la qualité acoustique, de définir leurs valeurs cibles et d'expliquer leurs méthodes de mesurages. Pour cela, une analyse des types d'activités existantes et de leurs caractéristiques a été conduite. Elle a permis de dégager quatre grandes familles de bureaux ouverts : le centre d'appels, l'espace projets, le centre d'accueil du public et le bureau administratif. Pour chaque famille, l'analyse de la relation/la communication sur le plateau a permis d'extraire des indicateurs acoustiques représentatifs. Puis, sur la base des expériences de terrain, d'essais en laboratoire et de simulations numériques, des valeurs cibles pour ces indicateurs ont été définies. Ce papier présente le contexte de la normalisation internationale sur le sujet des open-spaces, les spécificités de la nouvelle norme française et, sur la base d'exemples choisis, la démarche déployée pour atteindre l'objectif visé.

## 1 Introduction

Veillez lire les instructions suivantes avant de commencer la rédaction de votre manuscrit, ce qui assurera une homogénéité de style dans les actes du congrès.

En France depuis ces dix dernières années, l'utilisation d'espaces non-cloisonnés pour les bureaux a fortement augmenté. Cette croissance repose sur l'idée acceptée par tous que l'absence de cloisons stimule la communication et le partage de l'information. De plus, de telles solutions confèrent une flexibilité considérable et facilitent les réorganisations. Un autre avantage est que les coûts d'investissements sont réduits puisqu'il est possible, en dépensant moins, de placer plus de personnes que dans un même espace rempli de bureaux cloisonnés plus traditionnels.

La réalité aujourd'hui est que de nombreuses personnes travaillant en espace ouvert se plaignent de la gêne et du dérangement du fait d'une mauvaise acoustique. Plusieurs études [1-5] semblent montrer que le bruit non désiré ou gênant est une agression pouvant être cofacteur du stress résultant du travail dans le tertiaire, ce stress entraînant des réactions physiologiques plus ou moins intenses et variées selon les personnes (difficulté d'endormissement, augmentation de la tension artérielle, problèmes digestifs, etc.) Au-delà de la notion de gêne, des études scientifiques récentes [6-9] montrent que l'ambiance acoustique d'un open-space peut avoir des conséquences négatives sur la performance et sur la qualité du travail réalisé.

La norme NF S 31-199 en cours d'élaboration, s'appuie à la fois sur les études scientifiques portant sur la gêne dans les open-spaces ainsi que sur les travaux des sociétés internationales de normalisation. Cependant, elle s'éloigne de ces dernières par le fait qu'elle considère que tous les types de bureaux ouverts ne peuvent pas être traités de la même manière car les enjeux sont très différents que l'on travaille par exemple dans un centre d'appel ou bien dans un espace accueillant du public. C'est le défi que se lance cette nouvelle norme de vouloir apporter des recommandations aux acteurs de la conception et de l'aménagement en fonction de l'activité pour laquelle l'espace ouvert est dédié.

Ainsi, quatre familles d'espaces ont été définies : centre d'appels, espace projet, administration, et espace de réception du public. Pour chaque famille, une analyse de l'activité a été conduite qui doit permettre *in fine* d'établir une liste d'indicateurs pertinents et de valeurs cibles associées.

Dans cet article, nous présentons dans un premier temps les principaux travaux de normalisation sur le sujet de l'international, ainsi que la norme française NF S 31-080 utilisée jusqu'à aujourd'hui pour tous types de bureaux et espaces associés (y compris les open-spaces). Dans un second temps, nous montrons au travers des quatre typologies la démarche autour de laquelle s'articulent les discussions au sein du groupe de normalisation. Sur la base de cas concrets, nous montrons enfin le rôle que peuvent jouer certains indicateurs acoustiques pressentis pour évaluer la qualité des locaux.

## 1 La normalisation internationale

La normalisation internationale est active sur le sujet de l'acoustique des bureaux ouverts. Parmi les travaux récents qui inspirent les discussions au sein du groupe de normalisation de la commission AFNOR S30D, on peut citer :

1. La norme RIL 243-3-2008 [10] de l'Association Finlandaise des Ingénieurs Civils (RIL) qui repose sur l'utilisation de descripteurs acoustiques tels que le taux de décroissance spatiale sonore par doublement de distance  $DL_2$  (défini par la norme ISO 14257 [11]) et le rayon de distraction  $r_D$  qui représente la distance depuis une source sonore au-delà de laquelle un auditeur se trouve dans une zone de confort ( $STI < 0,5$ , le STI est un indice d'intelligibilité décrit par la norme NF EN 60268-16 [12]). La norme recommande des valeurs minimales pour ces deux grandeurs. Un logiciel de simulation informatique permettant une comparaison directe entre les valeurs prévisionnelles et les valeurs recommandées est disponible sur le site web de l'Institut Finlandais de Santé au Travail (FIOH) [13].

2. Le guide pour l'acoustique des espaces paysagers [14] de l'ASTM (American Society for Testing and Materials) qui indique que « une certaine discrétion acoustique peut être obtenue si la sélection des composants et les interactions ont été comprises ». Il note également que les risques évidents d'intrusion de bruit doivent être évités ; il renseigne sur la directivité d'un locuteur (9 dB de plus en face que derrière). Il indique également que les distractions causées par des voix fortes ou de l'équipement de bureau bruyant ne peuvent pas être maîtrisées par des méthodes « normales » de construction des bureaux et la mise en œuvre d'espaces cloisonnés est alors recommandée. Le bruit des téléphones est abordé en insistant sur l'utilisation de clignotants au lieu de sonneries et en minimisant les aspects liés à la génération du bruit. L'utilisation d'absorbants acoustiques sur le plafond, les écrans acoustiques et une partie des murs est recommandée. Enfin, l'intérêt d'un système de masquage électronique est mis en avant, en faisant référence à une norme spécifique [15].
3. La norme ISO 3382-3 [16] qui spécifie des méthodes pour le mesurage des propriétés acoustiques des espaces de bureaux ouverts meublés. Cette norme décrit les procédures de mesurage, l'appareillage nécessaire, la couverture requise, la méthode d'évaluation des données de mesure et la présentation du rapport d'essai acoustique. Elle précise également les indicateurs pertinents en insistant sur l'usage du  $D_{2s}$  qui représente la décroissance du niveau sonore par doublement de la distance, pour un spectre de parole normalisé. Elle propose l'utilisation d'un spectre de la voix unisexe (moyenne des voix masculine et féminine) à effort normal. La norme définit également un niveau de pression acoustique à 4 m, le  $L_{pA,5.4m}$ , qui est déterminé par régression linéaire à partir de la détermination du  $D_{2s}$ , et du rayon de distraction  $r_D$ . Les recommandations relatives aux valeurs souhaitables sont données en annexe de la norme comme suit :  $D_{2s} > 7$ ,  $L_{pA,5.4m} < 48$  dB, et  $r_D < 5$  m. Cette norme présente l'avantage d'être exclusivement focalisée sur les bureaux ouverts. Cependant son principal défaut est de ne faire aucune différenciation en fonction de l'activité sur le plateau. Or, il est évident que les attentes des personnes travaillant dans un bureau ouvert ne sont pas les mêmes si le travail est d'ordre collaboratif ou nécessite une concentration extrême.

## 2 La norme française NF S 31-080 pour les bureaux et espaces associés [17]

### 2.1 Objet de la norme

Jusqu'à l'établissement de la norme acoustique pour les bureaux NF S 31-080 (2006), il n'existait pas en France de texte normatif spécifique relatif au confort et à l'environnement acoustique des espaces de travail. Cette norme fait désormais le lien entre des mesures de la qualité acoustique d'un local et les niveaux de performance acoustique à atteindre au moyen de dispositions constructives du bâtiment. Les niveaux de performance sont exprimés par des critères acoustiques normalisés et

traditionnels applicables au bâtiment. Elle est aussi une base permettant un dialogue et des engagements formels entre les divers intervenants de la conception et de la réalisation d'un projet de bureaux. Elle a été établie de manière à aider à la définition des spécifications et à la conception, la réalisation, et la réception des travaux. Elle est applicable aux espaces neufs, aux réhabilitations, et aux réaffectations de locaux.

Pour tous les types de bureaux, la norme définit et classe l'environnement sonore selon trois niveaux de performances :

- Niveau « Base » : il correspond aux spécifications réglementaires et, en l'absence de texte légal, au niveau minimum de fonctionnalité sans pour autant garantir le confort acoustique.
- Niveau « Performant » : il correspond à des niveaux de performance qui vont au-delà des exigences du niveau « Base ». Ce niveau assure un certain confort qui est compatible avec de bonnes conditions de travail.
- Niveau « Très Performant » : il correspond aux performances maximales rendues possibles par les dispositions constructives (conception, architecture, matériaux, etc.). Ce niveau vise, dans la mesure du possible, la perception des sons utiles et l'absence de perception des bruits inutiles ; il y a donc une notion qualitative qui est spécifique à l'utilisation et aux activités se déroulant dans le bureau.

### 2.2 Limitations de la NF S 31-080 pour les espaces non-cloisonnés

La norme NF S 31-080 s'applique aussi bien pour les bureaux individuels, les bureaux collectifs, les espaces ouverts, les plateaux à aménager, les salles de réunion, de formation, les espaces de détente, et les restaurants. Elle englobe donc des typologies de locaux très différentes les unes des autres. Les principaux critères recommandés par la norme NF S 31-080 sont le temps de réverbération  $T_r$  du local et la décroissance spatiale  $DL_2$ . L'idée de confort acoustique n'est pas abordée directement au travers d'indicateurs dédiés mais les indicateurs utilisés ont été choisis parmi ceux déjà utilisés par les normes AFNOR ainsi que par les textes réglementaires Français. Les valeurs cibles des indicateurs acoustiques du bâtiment ont été choisies de façon à minimiser la gêne liée aux conversations. En particulier, pour les espaces ouverts, ces valeurs cibles cherchent à favoriser les conversations de courtes durées et à voix basse entre postes voisins tout en minimisant l'inconfort sonore produit au niveau du plateau. L'idée sous-jacente est qu'une bonne intelligibilité dans le périmètre de communication (à proximité du poste de travail) amène moins d'inconfort aux postes de travail plus distants. Pendant plusieurs années, de nombreuses mesures acoustiques utilisaient la durée de réverbération comme paramètre principal des bâtiments. Un tel mesurage est facile à réaliser (par exemple au moyen d'une source sonore impulsive telle que le bruit de l'éclatement d'un ballon). Cependant, les valeurs obtenues en bureau ne sont pas toujours représentative de la qualité acoustique. Un inventaire de quelques grandeurs acoustiques utilisables dans le cadre de l'acoustique des bureaux non cloisonnés, ainsi que quelques exemples de traitement acoustique de tels espaces, sont donnés dans la référence [18].

Devant le nombre d'activités pouvant se dérouler dans un espace ouvert, la commission AFNOR S30D a décidé de travailler sur une nouvelle approche afin de mieux appréhender cette problématique, de manière à mieux corrélérer avec l'expérience subjective.

La nouvelle norme est une opportunité d'approfondir cette discussion en abordant tout ce qui fait un espace ouvert, y compris les compléments tels que le mobilier, les stores, les écrans, *etc.*

### 3 La nouvelle norme NF S 31-199 – Bureaux ouverts : programmation, conception et utilisation [19]

L'ambition de cette norme est de fournir des principes, des descripteurs et des méthodes de mesure qui soient bien corrélés à la perception sonore.

Cette nouvelle norme doit également constituer une base de réflexion et de dialogue entre les différents acteurs impliqués dans la création et l'aménagement de bureaux paysagers en France. En particulier, elle doit permettre aux directions de projets d'affiner leurs spécifications, tout en les accompagnant dans leurs choix d'objectifs acoustiques et de ressources en matière d'architecture et d'aménagement. Les espaces ouverts doivent dorénavant s'adapter à tous types d'activités qui ont souvent des caractéristiques très différentes. En effet, selon le type d'activité, les enjeux acoustiques peuvent être très différents avec par exemple des besoins d'intelligibilité à certains endroits du plateau ou pour certaines activités ou au contraire des besoins de discrétion au poste de travail ou entre les équipes.

La norme NF S 31-199 définit ainsi quatre types d'espaces ouverts censés englober la grande majorité des activités existantes : les centres d'appels, les espaces projets, les administrations et les zones de réception du public. Pour chaque type, les enjeux sont différents parce que les activités sont différentes. Dans les paragraphes suivants, nous rappelons les enjeux liés à chacune de ces catégories de bureaux ouverts et donnons, à partir de cas particuliers, quelques pistes identifiées pour la mise en place de recommandations pour la conception et l'aménagement.

#### 3.1 Les centres d'appels

Les centres d'appels sont des espaces de travail ouverts dans lesquels diverses activités (activités commerciales, assistance technique, *etc.*) se déroulent essentiellement au téléphone. Ils sont regroupés sous différents vocables comme centre de relations clients (CRC), centres d'appels, centres de contacts, *etc.* Ce type d'espace de travail est généralement caractérisé par :

- Des dimensions importantes, souvent supérieures à plusieurs centaines de mètres carrés ;
- De nombreuses sources sonores qui génèrent un niveau de bruit ambiant globalement modéré (en général inférieur à 60 dBA) ;
- Une forte densité de répartition des personnes, qui dépasse souvent les recommandations de 10 m<sup>2</sup> prescrites par l'INRS [20-21].

Les personnes sont généralement rassemblées par petits groupes de 4 à 10 personnes grâce à du mobilier « adapté » (bench ou marguerite) ou quelquefois au moyen d'un assemblage « maison » de bureaux individuels. Ces personnes, en vis-à-vis, communiquent fréquemment entre-elles entre deux appels téléphoniques ou pendant les périodes de pause. La présence de superviseurs ou même « d'hyperviseurs », permettant de gérer et de contrôler les flux d'informations, ajoute des conversations au brouhaha déjà existant, composés de communications téléphoniques et de conversations sur le plateau.

Or, l'environnement acoustique du local devrait être favorable à un travail intellectuel nécessitant une certaine concentration. Il devrait également assurer le confort des personnes, et limiter la fatigue en fin de journée et sur un plus long terme. L'aménagement du centre d'appels doit donc être adapté à ces contraintes spécifiques. Il convient pour cela de veiller au soin particulier à apporter aux éléments suivants :

- Le plafond qui représente la surface la plus importante du local doit avoir le meilleur pouvoir absorbant possible. De nombreux fabricants de faux-plafond proposent aujourd'hui des solutions performantes.
- Les cloisonnettes qui séparent les postes en vis-à-vis. Elles doivent se comporter comme un « rempart » acoustique sans toutefois offrir une résistance trop forte à la lumière naturelle. Des mesures en laboratoire, réalisés dans la chambre semi-anéchoïque de l'INRS (figure 1) ont permis d'étudier l'efficacité des cloisonnettes en fonction de leur hauteur et du type de plafond (figure 2). Il apparaît par exemple qu'une atténuation de 6 dB, n'est possible que par l'ajout d'une cloisonnette d'au moins 1,40 m de hauteur combinée avec un plafond ayant un Alpha-W de 1. Les cloisonnettes offrent également la possibilité d'augmenter la surface d'absorption du local. Elles doivent donc être composées d'un matériau absorbant tel que la laine de verre, recouverte de lame rigide afin de garantir une bonne isolation acoustique (figure 3).

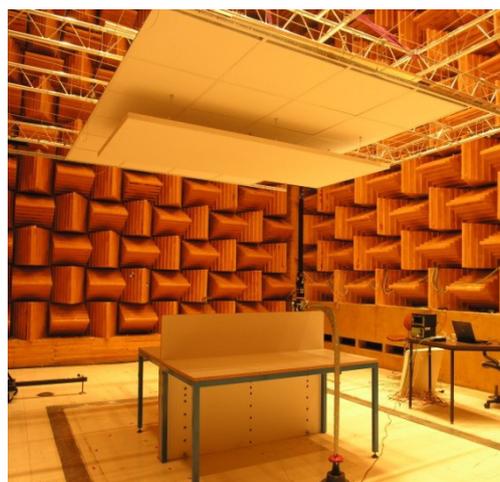


Figure 1 : Mesure de l'atténuation par une cloisonnette dans la chambre semi-anéchoïque de l'INRS

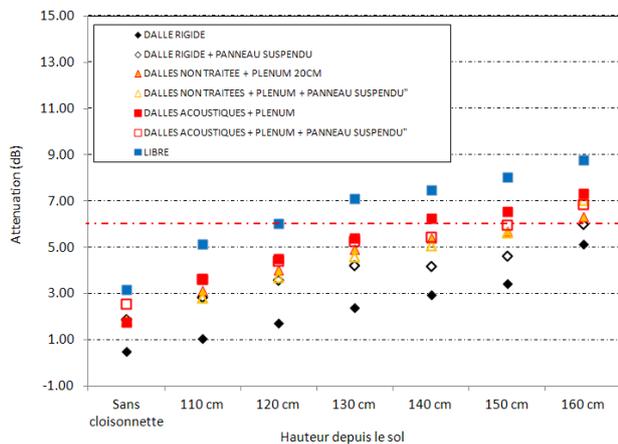


Figure 2 : Atténuation du spectre de parole (ISO3382-3) en fonction de la hauteur de la cloisonnette et pour différents types de plafond (mesures INRS)

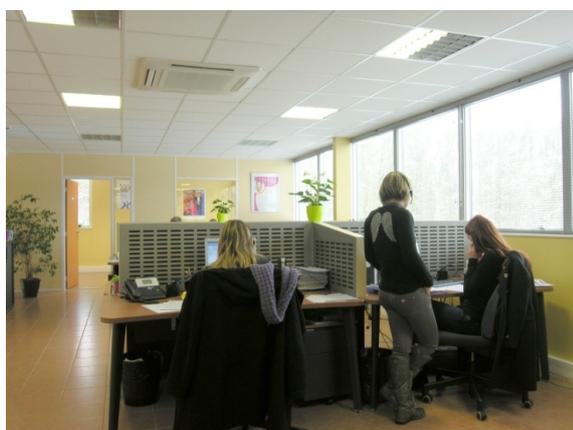


Figure 3 : Exemple de séparation pour des postes en vis-à-vis

D'autres éléments du local, tels que le sol qui présente également une surface importante, les murs, doivent être analysés, mais également des paramètres comme l'organisation du travail et la répartition des personnes doivent être pris en compte.

Pour l'expert acousticien, qui s'appuiera sur cette nouvelle norme, des indicateurs ainsi que des valeurs cibles lui permettront de fournir des analyses et des recommandations. Parmi ceux-ci, le niveau de bruit de fond (équipement, bruit de passage), le bruit ambiant en présence des personnes, la décroissance spatiale, etc. Les valeurs cibles qui seront définies dans la norme s'appuieront à la fois sur des simulations et sur des mesures in situ.

La figure 4b montre des courbes de décroissance spatiale calculées avec le logiciel Rayplus [22] de l'INRS pour les configurations de bureau représentées sur la figure 4a. Les courbes rouges correspondent à un plafond peu absorbant (alpha Sabine de l'ordre de 0,5). Ce type de performance de plafond correspond à la très grande majorité des immeubles de bureaux construits avant 2000. Celles en bleu correspondent à un plafond acoustique (alpha Sabine de l'ordre de 1). Lorsque les bureaux sont placés dans un espace libre, on obtient les courbes en pointillés. En présence de vitrages sur les côtés, le calcul donne les courbes en trait plein.

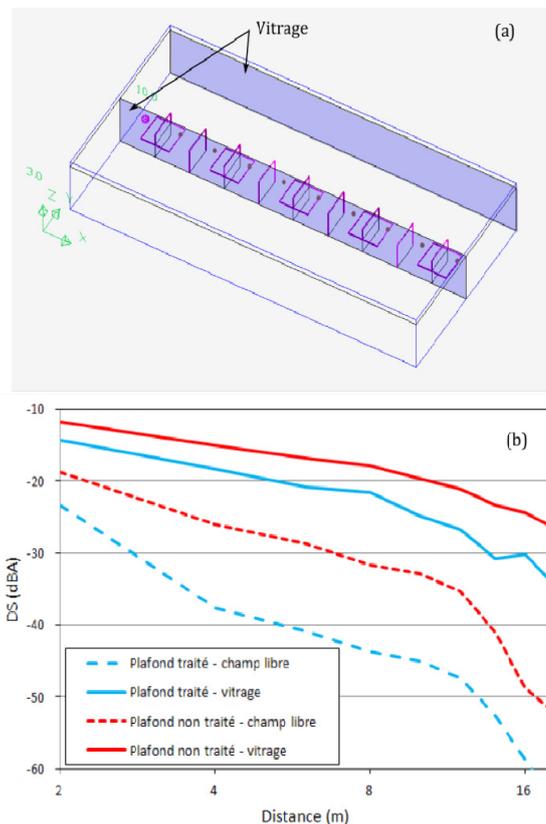


Figure 4 : Simulation de courbes de décroissance dans un open-space

Concernant les mesures *in situ*, des échantillons de niveaux de bruit ambiant collectés dans les centres d'appels visités sur le territoire français sont présentés sur la figure 5.

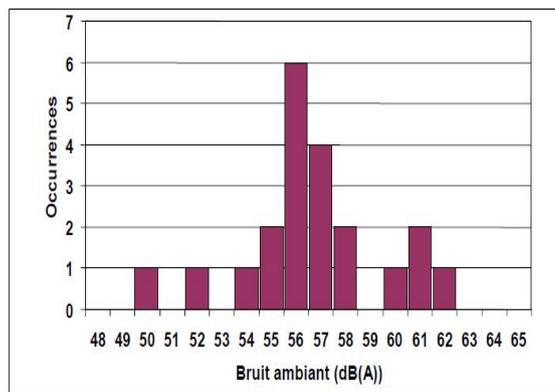


Figure 5 : Répartition des niveaux de bruit ambiant mesurés dans les centres d'appels au cours de l'étude INRS sur l'exposition au bruit des travailleurs sous casque [23]

### 3.2 Espace projets

Ce type d'espace est destiné au travail collaboratif. Il abrite des groupes de personnes, des équipes travaillant sur le même projet et devant réaliser des tâches individuelles nécessitant une concentration intellectuelle limitée. Ce type d'espace concerne par exemple les agences de publicité, de commerce, les firmes de conseil, les bureaux d'étude, les centres de recherches, etc. La communication sur le plateau est avant tout verbale, et accessoirement par téléphone. Le

nombre de sources sonores simultanées peut être assez important et l'ambiance sonore assez variable : atmosphère animée avec beaucoup d'interactions. Une bonne intelligibilité est nécessaire entre les personnes d'une même équipe. Une bonne intelligibilité au téléphone est également nécessaire. Cependant, il faut satisfaire au besoin de discrétion vis-à-vis des personnes travaillant sur le plateau mais différenciées du projet. Un indicateur a priori privilégié pour l'objectivation de ces notions d'intelligibilité, de discrétion, voire de confidentialité est le STIr (Speech Transmission Index version Révisée, tel que décrit par la norme NF EN 60268-16). Cet indicateur repose sur le rapport signal sur bruit entre un signal de parole normalisé et le bruit ambiant au niveau du poste de travail. Il tient compte également du masquage fréquentiel, du seuil de l'audition et de la réponse impulsionnelle du local. Le STIr doit être compris entre 0 (intelligibilité nulle) et 1 pour une intelligibilité parfaite. Grâce aux courbes de la figure 6, il permet d'accéder à un score d'intelligibilité réel selon que l'on s'intéresse à la compréhension de mots ou de phrases.

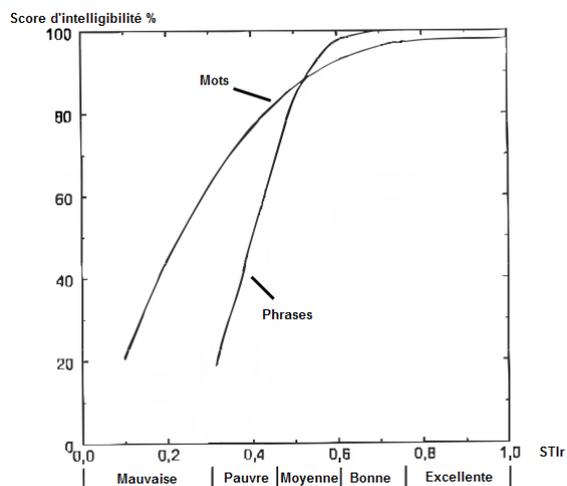


Figure 6 : Relation entre le STIr (tiré de NF EN 60268-16) et les scores d'intelligibilité pour des tests aux mots et aux phrases

Ainsi, à partir de mesures sur site, il est possible de déterminer les zones d'intelligibilité sur un plateau et donc de prévoir des aménagements selon les besoins des services et les attentes des salariés. La figure 7 montre un plateau de plusieurs centaines de mètres carrés dans lequel les personnes sont réparties par pôles d'activités. Des mesures de STIr ont été réalisées dans une partie du local comportant des mini-salles de réunion (figure 8) accolées les unes aux autres (points notés 1 à 4 sur la figure 7). Les valeurs d'intelligibilité correspondantes ont été déduites des courbes de la figure 6 et sont présentées sur la figure 8. On observe sur cette figure que l'intelligibilité est toujours supérieure ou égale à 60 %, valeur qui indique clairement un manque de confidentialité des conversations d'une cellule vis-à-vis de sa voisine, voire avec une cellule plus éloignée.

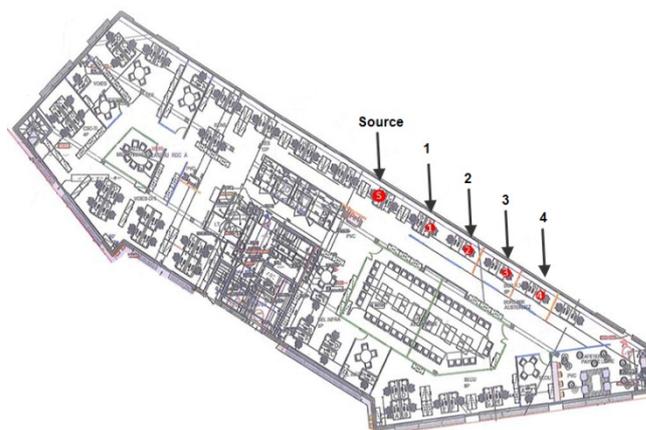


Figure 7 : Exemple de points de mesures du STIr dans un open-space (la surface au sol de ce plateau est de 850 m<sup>2</sup>)



Figure 8 : Exemple de local collaboratif (a) plan d'ensemble (b) photo d'une cellule de réunion

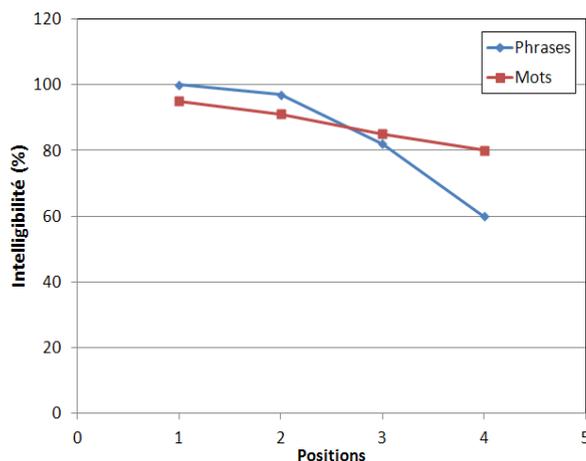


Figure 8 : Intelligibilité pour les différentes positions de mesures identifiées sur la figure 7a

Le STIr permet une analyse fine de l'intelligibilité dans un local. Cependant, le déploiement de la mesure sur site peut s'avérer lourd et l'acquisition du matériel peut représenter un coût que beaucoup de bureaux d'étude ne pourront pas se permettre. C'est un point capital dont la commission de normalisation doit tenir compte lors de la mise en œuvre de la nouvelle norme.

### 3.3 Administration

Ce type d'espace est essentiellement destiné au travail individuel. Il a vocation à héberger des activités de type administration d'affaires, comptabilité, ressources humaines, achats, *etc.* L'activité au sein d'une équipe de cet espace est non différenciée et non collaborative. Elle demande une forte concentration de la part des employés qui sont typiquement regroupés en équipes de 1 à 8 personnes pouvant occasionnellement communiquer (entre collègues, ou au téléphone). De ce fait, le niveau de bruit ambiant est faible sur des périodes assez longues (de plusieurs dizaines de secondes à plusieurs minutes), ce qui conduit parfois à de fortes émergences qui peuvent perturber l'ambiance du plateau. En général, dans le cas d'un même service, un dérangement dû à une émergence est mieux accepté que dans le cas où cohabitent différents services. Il en résulte un besoin d'intelligibilité au poste de travail, mais également un besoin de discrétion vis-à-vis des autres postes, en particulier lorsque plusieurs services sont rassemblés sur le même plateau.

Ce type d'espace a fait l'objet d'investigation particulières dans le cadre du Nice Report [24]. Les mesurages ont été effectués dans cinq espaces paysagers et accompagnés d'une enquête rassemblant les jugements subjectifs du personnel. Un programme de mesurages acoustiques a été élaboré, spécifiant la procédure et les paramètres à retenir : le T20, la durée de réverbération précoce EDT, la clarté C50, l'indice de transmission de parole STI, l'indice d'intelligibilité de la parole SII, l'indice de confidentialité PI, le taux de décroissance spatiale par doublement de distance  $DL_2$ , l'amplification du niveau de pression acoustique par rapport à une courbe de référence  $DL_f$ , les niveaux de bruit de fond dans les bureaux occupés et non occupés. Dans deux des bureaux, une rénovation a été poursuivie puis une nouvelle campagne de mesurage accompagnée d'une enquête auprès des employés. Cette investigation a montré que l'utilisation d'indicateurs classiques d'acoustique des salles ne suffit pas pour caractériser l'open-space et que le  $DL_2$  par exemple est plus appropriée car mieux corrélée avec les enquêtes subjectives.



Figure 9 : Aménagement du bureau Vattenfall, département administratif (Suède)

La mise en œuvre d'écrans et de plafonds absorbant a permis d'augmenter la décroissance spatiale (4,8 dB(A) avant et 8,4 dB(A) après) ainsi que d'améliorer le ressenti des personnes comme en témoigne le tableau 1.

Comment évaluez-vous l'environnement acoustique du local ?		
	Avant	Après
Nombre de réponses (%)	15	10
Très bonne (%)	0	0
Bonne (%)	20	60
Ni bonne ni mauvaise (%)	20	30
Faible (%)	40	10
Très faible (%)	20	0

Tableau 1 : Résultats du questionnaire subjectif exprimé en pourcentage. Les sujets devaient évaluer l'environnement sonore avant et après travaux.

### 3.4 Public

Ce type d'espace peut correspondre à des zones d'accueil d'organismes publics, assurances, banques, *etc.* Il est organisé de façon à faciliter la tenue de réunions et doit permettre de nombreuses interactions entre le personnel et les clients. L'espace est conçu pour accueillir le public et favoriser le travail individuel. Le public peut être reçu dans des espaces de type « guichet » ou bien assis dans des bureaux cloisonnés si l'entretien requiert une durée plus importante ou une certaine confidentialité.

Entre deux rendez-vous, le personnel peut avoir à pratiquer de la saisie de données ou écrire des rapports, ce qui nécessite une concentration relativement forte. Dans la plupart des cas, l'activité des employés est non collaborative et les échanges ont lieu en face à face avec le client. Ces échanges sont souvent de nature privée et il est donc nécessaire de disposer d'une certaine discrétion voire de la confidentialité. Les sources sonores, consistant essentiellement en des échanges verbaux entre les personnes, sont nombreuses et simultanées. Les niveaux de voix dans ce type d'espace peuvent grandement varier en fonction du type d'activité et de la période considérée (par exemple pendant les heures de pointe).

Le niveau de bruit ambiant est relativement élevé. Les émergences sont régulières et parfois très prononcées. Le degré de dérangement dû à ces émergences est élevé.

## 4 Conclusions

Après quelques années d'expérience acquises en utilisant la Norme Française NF S31-080, qui ont mis en évidence la diversité des situations rencontrées dans les espaces de type bureaux ouverts, la commission de normalisation AFNOR S30D propose dans une nouvelle norme en préparation une classification des bureaux ouverts ainsi qu'une démarche d'analyse différenciée. En découle des indicateurs et des valeurs cibles qui peuvent être différentes selon la zone considérée : le poste de travail, l'équipe, le département.

Pour faire face à des situations potentiellement conflictuelles telles que le mesurage du bruit au poste de travail des espaces de bureaux, une annexe de ce projet proposera également une méthodologie de mesurage, accompagnée des paramètres descriptifs de la situation de travail qui doivent être relevés. Enfin, pour permettre l'évaluation de la gêne ressentie par les personnes, un questionnaire basé sur une étude récente [25] sera également proposé à titre informatif.

## References

- [1] G.W. Evans, D. Johnson, "Stress and open office noise", *Journal of Applied Psychology*, 85(5), 779-783 (2000)
- [2] N-Å Andersson, P. Chigot, "Is the Privacy Index a good indicator for acoustic comfort in an open plan area". *Inter-noise 2004*, Prague (2004)
- [3] S. Banbury, D. C. Berry, "The disruption office-related tasks by speech and office noise", *British journal of psychology*, 89, 499-517 (1998).
- [4] D. E. Broadbent, "The current state of noise research: Reply to Poulton", *Psychological Bulletin*, 85, 1052-1067 (1978).
- [5] D. M. Jones, W. J. Macken, "Auditory babble and cognitive efficiency: role of number of voices and their location", *Journal of experimental psychology: applied*, 1, 216-226 (1995).
- [6] N. D. Weinstein, "Effect of noise on intellectual performance", *Journal of Applied Psychology*, 59(5), 548-554 (1974).
- [7] S. J. Schlittmeier, J. Hellbrück, R. Thaden, and M. Vörländer, "The impact of background speech on intelligibility: Effect on cognitive performance and perceived disturbance." *Ergonomics*, 51(5): p. 719-736 (2008)
- [8] H. A. Colle, A. Welsh, "Acoustic masking in primary memory." *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15(1): p. 17-31 (1976)
- [9] W. Ellermeier, J. Hellbrück, "Is level irrelevant in "irrelevant speech"? Effects of loudness, signal-to-noise ratio, and binaural unmasking". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(5): p. 1406-1414 (1998)
- [10] RIL 243-3-2008, "Rakennusten akustinen suunnittelu : toimistot (acoustic design of building offices)", Helsinki (2008)
- [11] ISO 14247-2001, "Acoustics – Measurement of the spatial sound level decay curve", Geneva (2001).
- [12] NF EN 60268 – "Sound system equipment. Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index" (2003).
- [13] FIOH, "Room acoustic modeling of an open plan office", <http://www.ttl.fi/openofficeacoustics>, FIOH, Helsinki (2007)
- [14] ASTM E 1374-02, "Standard guide for open office acoustics", (2002)
- [15] ASTM E 1573-09, "Standard test method for evaluating masking sound in open offices using A weighted and one third octave band sound pressure levels" (2009)
- [16] ISO 3382-3, "Acoustique – Mesurage des paramètres acoustiques des salles – Espaces ouverts", Genève (2012)
- [17] NF S31-080 "Acoustique – Bureaux et espaces associés – Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace", AFNOR (2006)
- [18] E. Nilsson, B. Hellström, "Room acoustic design in open-plan offices", *Proceedings of Euronoise 2009*, Edimbourg (2009)
- [19] Pr NF S 31-199, "Acoustique – Bureaux ouverts : programmation conception et usage / utilisation", Esquisse de l'avant-projet normatif, AFNOR (à paraître 2013)
- [20] ED 108, "Les centres d'appels téléphoniques", INRS (2003)
- [21] NF X35-102, "Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux", AFNOR (1998)
- [22] P. Chevret, J. Chatillon, "Implementation of diffraction in a ray-tracing model for the prediction of noise in open-plan offices," *J. Acoust. Soc. Am.* 132(5), 3125-3137 (2012)
- [23] N. Trompette, J. Chatillon, "Evaluation des risques pour l'audition des opérateurs des centres d'appels téléphoniques et solutions de prévention", *NS 289*, INRS, 49 p. (2010)
- [24] N. Hellstöm, "Acoustic design of open-plan offices." *NT technical report 619*. <http://nordtest.info/index.php/download/category/acoustic.html> (2010)
- [25] M. Pierrette, E. Parizet, P. Chevret, "Perception and evaluation of noise sources in open plan office", ICA 2013, POMA Volume 19, pp. 040127 (June 2013)