



## Open office acoustic design – multi-dimensional case studies

PACS: 43.55.Cs

Krajcarz, Fabien

Gamba Acoustique Industrie et Environnement ; 2 rue de la découverte, BP 163, 31676 Labège Cedex, France ; [fabien.krajcarz@acoustique-gamba.fr](mailto:fabien.krajcarz@acoustique-gamba.fr)

### ABSTRACT

For users to find an open plan office space environment acceptable, they need to ensure that they are both understood and their conversation remains confidential, characteristics that tend to be paradoxical requirements. At present, there is a narrow fringe inside which this can be achieved. On the one hand the ambient noise has to be controlled (neither too much, nor too little) and on the other conditions of propagation have to be created, generally by using screens and dividers, which ensure users acoustic protection (low signal-to-noise ratio), but authorize communications in good conditions when this is required. Modelling has to be used in order to understand this narrow fringe. In this paper we propose a model which characterizes intelligibility and confidentiality by the signal-to-noise ratio. It is an indicator that is both robust and easy to use.

Through some examples, we illustrate how an appropriate methodology and the calculation of the signal-to-noise ratio allows the layout of work stations, height of screens, absorption coefficients, noise of the technical equipment to be optimised in order to achieve best intelligibility and confidentiality.

### DES OBJECTIFS CONTRADICTOIRES

Décloisonner les espaces de travail pour ouvrir la perspective et faciliter les réaménagements, favoriser la communication pour plus de réactivité et d'efficacité, optimiser l'espace et mutualiser les moyens, encourager la convivialité et parfois soutenir la surveillance discrète ... Cette organisation des espaces de travail est massivement adoptée, avec plus ou moins de bonheur et de succès dans l'atteinte des objectifs initiaux.

Réussir l'acoustique d'un espace de travail collectif nécessite la satisfaction dans le même espace de deux objectifs contradictoires : permettre une communication facile entre postes de travail voisins et assurer la confidentialité et l'absence de gêne entre ces deux mêmes postes. Instinctivement et spontanément, chaque individu module son niveau de voix d'environ 5 décibels autour de sa voix « normale », selon son désir de discrétion ou son désir d'être bien entendu et compris, sans que cela représente d'effort pour lui. Mais en général son niveau de voix doit être adapté au niveau de bruit ambiant, pour que le message soit émergent ou au contraire qu'il reste masqué et réservé au plus proche auditeur. Et bien évidemment, le niveau de bruit ambiant dépend, dans un lieu où se trouvent plusieurs personnes, du niveau de voix que celles-ci règlent pour communiquer au mieux. La boucle est bouclée...

### INTELLIGIBILITE ET RAPPORT SIGNAL SUR BRUIT

La gêne ou la bonne communication entre postes peut ainsi être décrite par le critère de rapport signal sur bruit. Le signal est le niveau sonore provenant d'un locuteur, le bruit étant constitué par l'ensemble des autres locuteurs et les équipements techniques (ventilation, ordinateurs, ...), ainsi que des sources de l'extérieur (trafic routier par exemple).

Le rapport signal sur bruit est donc la différence entre ces deux niveaux sonores en dB.

Le principe de l'appréciation d'une situation acoustique à partir de ce critère repose sur l'intelligibilité ou non du signal dans le bruit masquant (l'auditeur volontaire ou involontaire,

comprend-il le sens de ce qui est dit par le locuteur voisin, ou ce qui est dit est-il masqué et rendu incompréhensible par le bruit ambiant ?).

La figure 1 ci-dessous présente l'échelle de compréhension d'un message, en fonction du rapport signal sur bruit, le « signal » étant le niveau sonore du message parvenant à l'auditeur et le « bruit » celui du bruit ambiant susceptible de masquer le message.

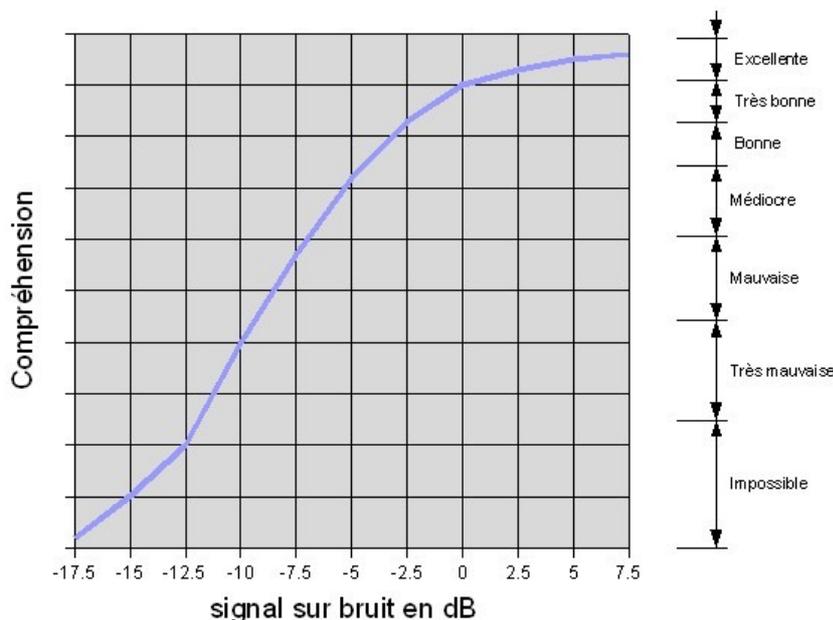


Figure 1: échelle de compréhension du message en fonction du rapport signal sur bruit

Les figures ci-dessous résument les trois cas typiques qui peuvent se présenter. Les deux traits de couleur verticaux représentent, à gauche, le niveau de voix « normal-faible » et à droite, le niveau de voix « normal-fort », qu'on utiliserait spontanément dans un environnement sonore confortable.

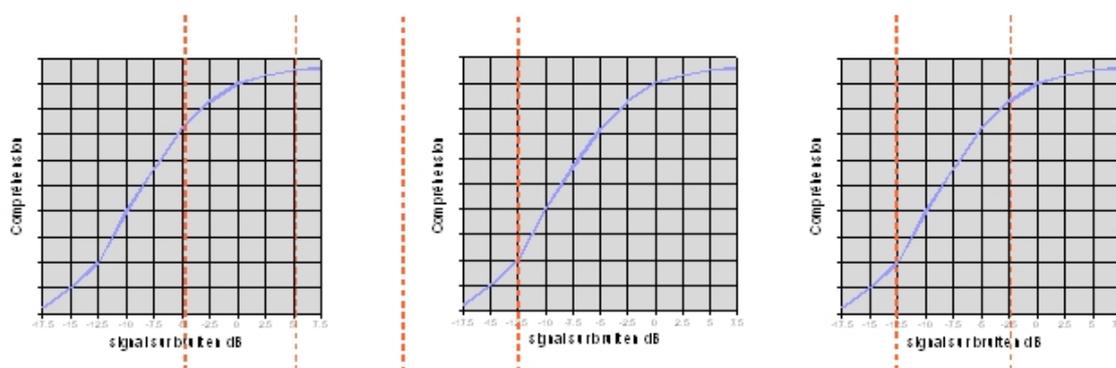


Figure 2: trois cas de figure dans des environnements sonores différents : à gauche, niveau ambiant trop faible, au centre, niveau ambiant trop fort, à droite, bruit ambiant adapté

A gauche, le niveau ambiant est très faible : même en voix « normale-faible », le niveau de compréhension est très bon. On gênera son voisin ou on aura du mal à assurer la confidentialité. Les individus devront faire un effort pour parler à voix faible.

Au centre, le niveau ambiant est trop fort : même en voix « normale-forte », le niveau de compréhension est mauvais. Chacun va donc devoir augmenter son niveau de voix pour se faire comprendre. En cas d'insuccès, c'est la surenchère des niveaux sonores et le déclenchement de l'effet cocktail.

A droite, le niveau ambiant est adapté à la situation ; en voix « normale-faible », le message peut rester confidentiel ; en voix « normale-forte », la compréhension est bonne. Chacun peut donc moduler son niveau de voix sans effort selon l'auditeur visé.

La démarche de maîtrise de l'intelligibilité réside donc dans l'atteinte, si possible, de deux objectifs complémentaires :

- un bruit ambiant suffisamment élevé pour participer au masquage des niveaux sonores mais pas trop pour ne pas créer de fatigue à long terme,
- un rapport signal sur bruit permettant à un locuteur de se faire comprendre (bonne intelligibilité) ou de rester discret et non gênant (mauvaise intelligibilité), sans qu'il n'ait d'effort à faire au-delà de ce qu'il ferait spontanément.

L'analyse doit donc se faire en choisissant des couples locuteur/auditeur (émetteur/récepteur) placés à un certain endroit du local et baignant dans le bruit ambiant.

Concernant le bruit ambiant, les paramètres seront :

- le nombre de sources de bruit participant (équipements techniques, locuteurs, bruit provenant de l'extérieur, ...),
- leur distance moyenne,
- la réverbération du local.

Concernant le signal, il s'agira :

- de la distance locuteur/auditeur,
- de la présence éventuelle d'un écran entre les deux,
- de la nature plus ou moins réverbérante des parois proches du couple locuteur/auditeur.

### **MODÉLISATION INFORMATIQUE**

La modélisation informatique est le seul moyen de tester une configuration, pour un projet nouveau comme pour la correction d'une situation existante.

Les données d'entrée ne sont pas toujours parfaitement maîtrisées, notamment celles qui ont trait au comportement humain. Si nous connaissons le gabarit général de la voix humaine, nous savons bien que la réalité est toujours différente (répartition du spectre et puissance acoustique globale). De même, il existe toujours un foisonnement, c'est à dire qu'une partie seulement des individus participe à l'instant t au niveau sonore ambiant.

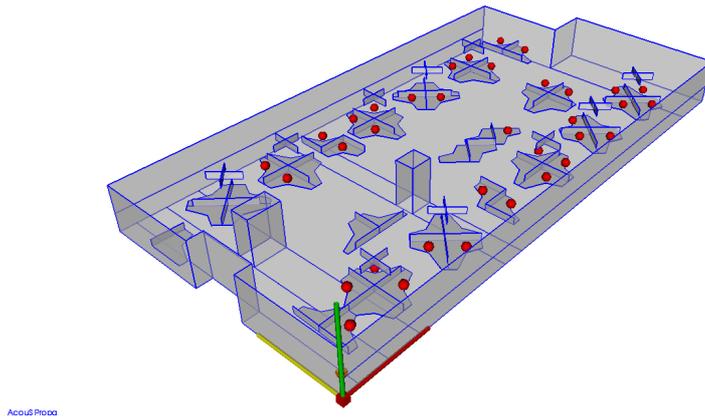
De ce point de vue, la modélisation informatique apporte la souplesse du nombre de configurations simulables et permet ainsi de faire varier les paramètres d'entrée et de tester leur sensibilité. En quelques dizaines de minutes ou quelques heures, on peut avoir calculé de nombreux cas de figure, faisant varier coefficients d'absorption des parois et du plafond, hauteur de cloisonnettes, nombre de locuteurs parlant simultanément, niveau de puissance acoustique des équipements, etc.

Et quand on intervient sur une situation existante, des mesurages en activité normale et si possible dans des conditions particulières (sous-activité et charge maximale), couplés à des comparaisons calculs/mesures, donnent accès aux paramètres spécifiques du cas étudié (coefficient de foisonnement, niveaux de voix moyens, ...).

Les figures 3 et 4 montrent la modélisation d'un centre d'appel existant, pour une grande administration. Les bureaux sont disposés pour la plupart d'entre eux pour quatre personnes. Les points rouges représentent les sources de bruit (voix humaine) : bruit ambiant pour la figure 3 et signal pour la figure 4 (l'étude peut être faite en choisissant plusieurs locuteurs différents, comme montré plus bas).

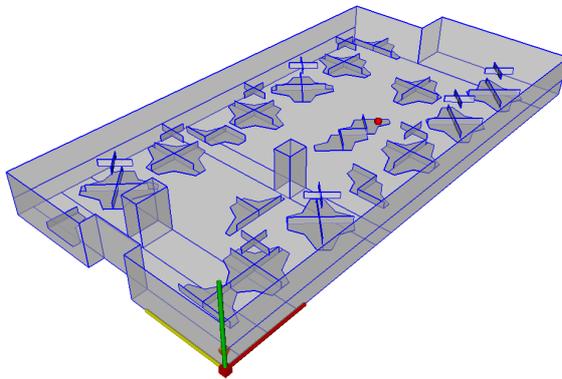
Les postes de travail sont séparés par de petits écrans de hauteur 1m10 par rapport au niveau du sol, ce qui n'apporte aucun affaiblissement acoustique entre deux postes.

Singularité du projet, des petits écrans en croix, supposés apporter une amélioration, avaient été disposés au plafond, à l'aplomb des écrans des bureaux...



AcousProza

Figure 3: modélisation des sources de bruit ambiant (masquant) - logiciel Acouspropa®



AcousProza

Figure 4: modélisation d'une source signal - logiciel Acouspropa®

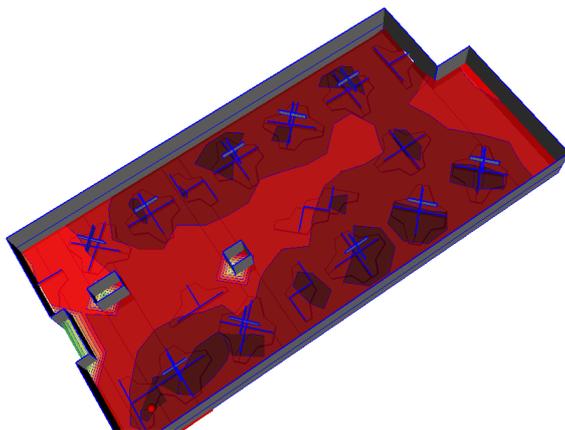
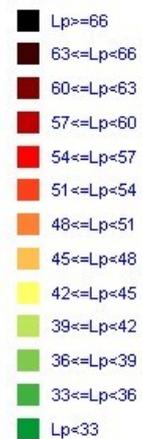


Figure 5: carte de bruit ambiant calculée - logiciel Acouspropa®

Echelle sonore :



Les niveaux sonores ambiants (figure 5) approchent 60 dB(A) dans les zones occupées, ce qui est évidemment au-delà des recommandations pour ce type d'activité.

Les cartes de signal ci-dessous montrent la propagation du bruit à partir des locuteurs situés en bas à gauche (locuteur n°1, figure 6) et en partie plus centrale (locuteur n°54, figure 7), pour une voix réputée normale, avec les écrans tels que dans la situation existante. Le plafond est absorbant.

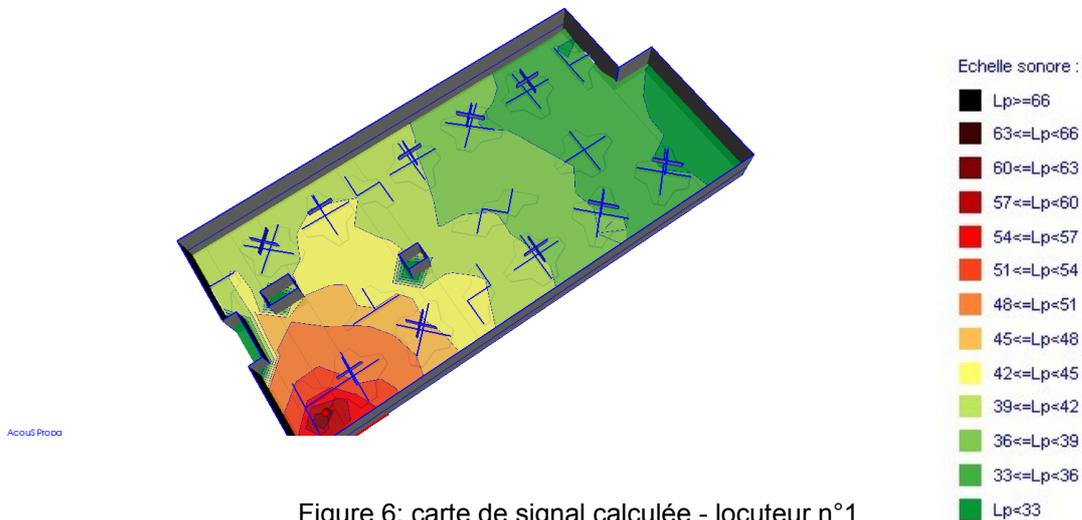


Figure 6: carte de signal calculée - locuteur n°1

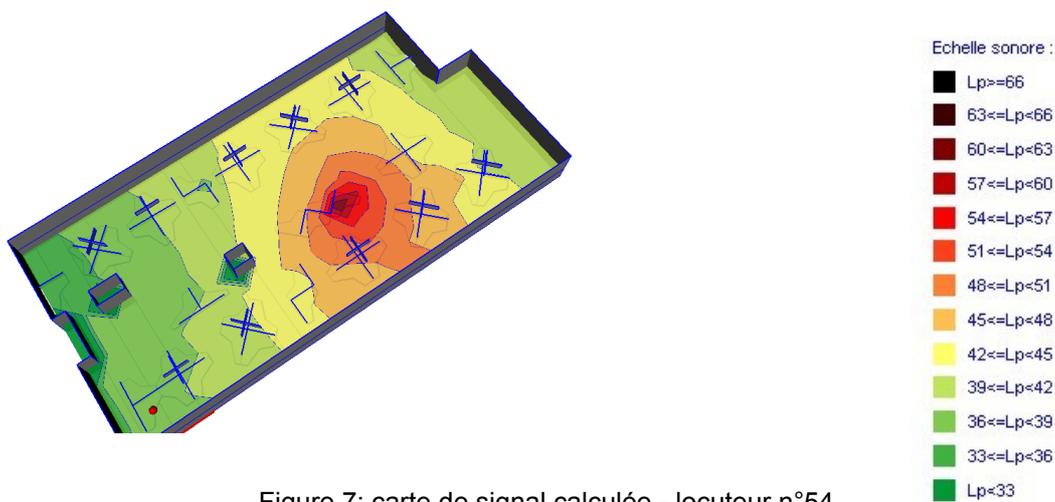
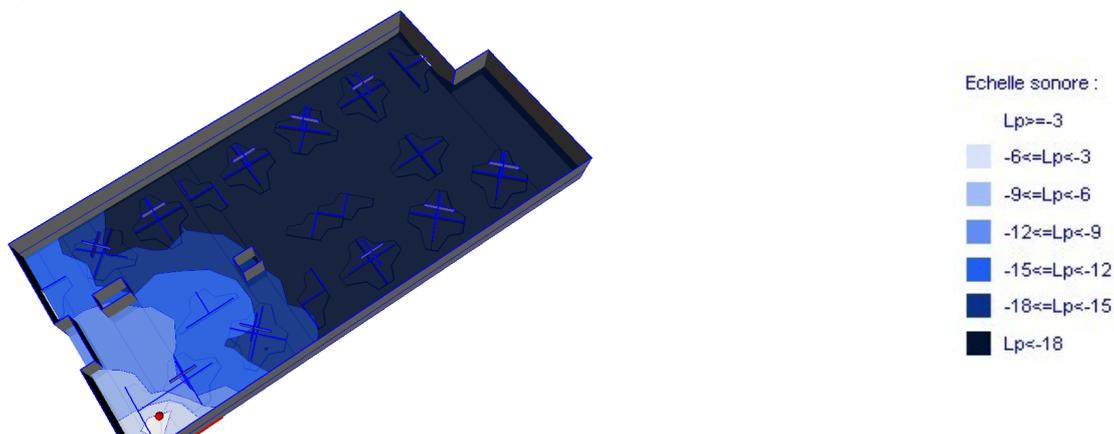


Figure 7: carte de signal calculée - locuteur n°54

Les cartes de rapport signal sur bruit, calculées dans la situation existante (figures 8 et 9) montrent que la compréhension sera encore assez bonne aux postes les plus proches (rapport signal sur bruit entre -3 et -6 dB(A)).



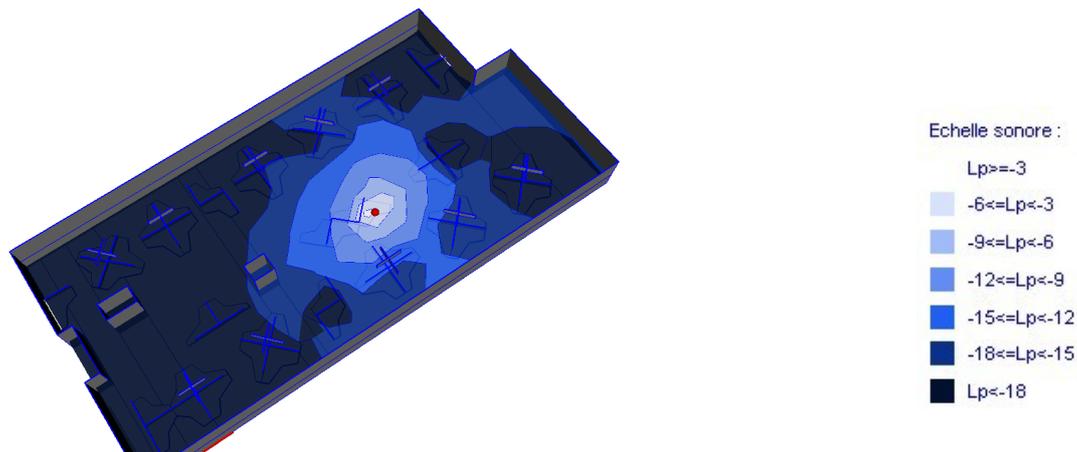


Figure 9: carte de rapport signal sur bruit calculée - locuteur n°54

## CONCLUSION

L'intelligibilité ou la confidentialité peuvent être aisément caractérisées par le rapport signal sur bruit, dès lors qu'on s'attache au phénomène de masquage énergétique, sans considérations temporelles, ce qui est tout à fait pertinent dans les open offices. Les deux termes, signal et bruit, sont facilement mesurables puisqu'il s'agit uniquement de niveaux sonores. La modélisation est également relativement simple, dès lors que le modèle est capable de prendre en compte l'ensemble des phénomènes déterminants (réverbération sur chaque paroi et diffraction sur les arêtes des obstacles).

On peut alors simuler tous les scénarios possibles : calculs du rapport signal sur bruit pour différentes positions de locuteur, modification des dimensions des obstacles (mobilier, écrans, ...), modification des coefficients d'absorption des parois, bruit des équipements techniques, etc.

## BIBLIOGRAPHIE