

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Les effets acoustiques des écrans de bureaux sans cloisons Warnock, A. C. C.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001023>

Digeste de la construction au Canada, 1975-12

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=005369aa-1787-4d93-91d3-0d88a3156c14>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=005369aa-1787-4d93-91d3-0d88a3156c14>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 164F

Les effets acoustiques des écrans de bureaux sans cloisons

Publié à l'origine en décembre 1975

A.C.C. Warnock

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

L'aménagement paysager des bureaux sans cloisons est rapidement devenu une solution généralisée pour abriter un grand nombre d'employés. Toutefois l'adoption d'une nouvelle technique crée de nouveaux problèmes qui ne sont pas toujours faciles à résoudre ou à comprendre. Les utilisateurs des bureaux paysagers se plaignent fréquemment d'être dérangés par les conversations et les bruits importuns. L'isolation acoustique n'est réalisable qu'en tenant compte d'un grand nombre d'éléments, dont l'un des plus importants dans les bureaux sans cloisons est l'usage de barrières ou d'écrans partiels. La hauteur des écrans varie d'un peu moins de 5 pi jusqu'à quelquefois un peu plus de 6 pi. Ils comportent une barrière acoustique intérieure recouverte sur ses deux faces d'une couche d'un matériau absorbant, et l'ensemble est recouvert de tissu pour des raisons esthétiques.

Un tel écran, lorsqu'il est correctement placé entre deux postes de travail adjacents, permet de réduire le niveau phonique des conversations. La diminution du niveau phonique des conversations dépend surtout de la construction et de la position de l'écran, de l'ameublement du bureau, et surtout du plafond. En fait, l'interaction écran-plafond est si importante qu'il faut considérer ces deux éléments comme un ensemble.

L'écran a donc essentiellement une fonction de barrière acoustique, et il doit être construit de manière à absorber suffisamment le son pour réduire le champ sonore réfléchi dans le bureau. Le présent digest étudie quelques-unes des propriétés essentielles des écrans utilisés dans les bureaux sans cloisons. On peut avoir un environnement acoustique convenable dans les bureaux en adoptant des critères de conception établis d'après les phénomènes physiques sous-jacents.

Propriétés des écrans isolés

Afin de mieux définir les principaux paramètres de conception des écrans, il faut d'abord étudier l'acoustique des écrans seuls, sans tenir compte des plafonds. Si aucune barrière ne sépare deux postes de travail, l'amplitude des signaux entre les postes ne diminue qu'avec

l'atténuation sonore naturelle qui est fonction de la distance de la source de signaux sonores. L'installation d'une barrière ou d'un écran a pour effet d'atténuer les sons directs qui doivent traverser cette barrière. Toutefois une partie des ondes sonores résiduelles contourne l'écran pour gagner l'autre poste de travail. Cette propagation du son par contournement est nommée diffraction et le son diffracté parvient à l'auditeur avec une amplitude d'autant plus réduite par rapport au son incident à l'écran que la configuration générale est plus favorable.

Ces deux effets peuvent être étudiés séparément et exprimés sous une forme théorique simple. Dans des ondes planes d'incidence normale à une barrière imperméable de masse M lb/pi² la perte de transmission sonore est donnée par la formule:

$$TL \text{ (dB)} = -28.6 + 20 \log_{10} Mf \quad (1)$$

avec f pour la fréquence considérée. En clair, cela signifie que plus le matériau composant l'écran est lourd, plus la perte de transmission de l'onde sonore qui traverse l'écran est importante.

Lorsqu'un écran infiniment grand est interposé entre une source sonore S et un point d'audition R , la perte due à l'écran est donnée par la formule:

$$X = 20 \log_{10} \left(\frac{\sqrt{2 \pi N}}{\tanh \sqrt{2 \pi N}} \right) + 5 \text{ dB} \quad (2)$$

pour $N \geq 0.2$

$$\text{avec } N = \frac{2f}{c} (A + B - d),$$

c = vitesse du son

d = distance en ligne droite de S à R ,

A = distance entre S et le sommet de l'écran,

B = distance entre le sommet de l'écran et R .

X représente la perte de transmission en dB par rapport au niveau sonore reçu par l'auditeur lorsqu'il n'y a pas d'écran. Plus l'écran est élevé plus l'atténuation due à l'écran est importante. (Une considération analogue est applicable à la largeur d'un écran de dimensions limitées.)

La combinaison de ces deux effets permet de déterminer la perte totale de transmission due à l'écran. Les pertes par diffraction dépendent de la taille de l'écran et permettent de définir les caractéristiques idéales de l'écran. La manière la plus pratique d'aborder ce problème consiste à attribuer une valeur minimale à la densité de surface (M) afin de ne pas altérer le rendement d'ensemble de l'écran. L'intelligibilité des voix est fonction du niveau sonore des conversations, du bruit de fond et de leurs fréquences. Les fréquences les plus élevées, qui sont de l'ordre de 2,000 Hz, sont celles de la majeure partie des perceptions qui permettent de distinguer les diverses consonances qui rendent une voix intelligible. Par conséquent, le critère que l'on adopte pour déterminer la valeur minimale acceptable de M est qu'à une fréquence de 1000 Hz la perte de transmission doit dépasser de 6 dB la perte théorique due à la diffraction. L'introduction de ce critère dans les formules (1) et (2) donne la formule suivante pour la densité de surface M .

$$M \text{ (lb/pi}^2\text{)} = (1/3) \sqrt{(A+B-d)}$$

(3)

Le tableau I donne les valeurs typiques obtenues par cette formule. Elles ont été déterminées pour des écrans infiniment larges et peuvent être légèrement réduites pour les écrans réels parce que les effets de diffraction qui se produisent sur le pourtour des écrans réduisent les pertes par diffraction. En pratique, une valeur de $0.25 \text{ lb}/\pi^2$ paraît être le minimum acceptable pour les barrières d'écran de 6 pi de haut au plus.

Tableau I. Valeur minimale requise pour la densité de surface des écrans infiniment larges

hauteur de l'écran (en pi)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	0.14	0.2	0.27	0.33	0.4

Les écrans de plus de 6 pi ne sont généralement pas utilisés dans les bureaux sans cloisons pour des raisons esthétiques, mais ils pourraient être utiles si on veut avoir plus d'intimité ou isoler des salles de repos anormalement bruyantes. Si l'on utilise de grands écrans, la masse des panneaux qui les composent doit avoir une valeur minimale plus grande, comme l'indique le tableau I.

Pour des raisons d'économie, un fabricant d'écrans pourrait décider d'utiliser une barrière formée de deux couches d'un matériau léger séparées par un absorbant acoustique. Il est difficile d'établir des exigences précises pour les paramètres physiques d'un tel ensemble. Il faut au contraire établir des exigences de rendement relatives à la perte de transmission effective. Actuellement, pour déterminer la classe d'atténuation sonore caractérisant un mur on utilise les courbes STC (« Sound Transmission Class »). Le profil de ces courbes diffère dans une certaine mesure des courbes théoriques des pertes de transmission et par diffraction, mais il met en relief les fréquences principales du langage. Par conséquent, on ne peut s'en servir pour définir le rendement minimal de la barrière. Le STC calculé théoriquement pour une barrière dont la masse est de $\frac{1}{4}$ de lb/π^2 est 13. Afin d'avoir une certaine marge de sécurité et un nombre plus pratique le STC peut être augmenté jusqu'à 15. Pour les écrans dont la hauteur est supérieure à 6 pi le STC devrait être augmenté de cinq points.

Il est intéressant de constater que, puisqu'un écran a quatre côtés, la diffraction peut se produire à chacun d'eux. Un écran de largeur finie doit être accepté en pratique; toutefois la diffraction qui a lieu sous l'écran peut être éliminée en posant la partie inférieure de l'écran directement sur le sol. S'il est nécessaire, pour des raisons pratiques telles que le nettoyage du plancher, de laisser un espacement entre la partie inférieure de l'écran et le plancher, cet espacement doit être limité à 3 po au plus. Des écrans courbes sont souvent utilisés, mais la courbure ne modifie pas les qualités acoustiques.

Puisque la disposition de l'ensemble locuteur — écran — auditeur détermine le degré d'isolation réalisable dans un bureau sans cloisons, il convient d'en étudier les effets sur les qualités acoustiques de l'écran. Ce sujet est d'ailleurs traité sous une autre forme dans le Digest de la construction au Canada **139F**.

Influence des paramètres de l'écran sur l'isolation acoustique des bruits de voix

Il est possible d'établir un indice quantitatif de l'intelligibilité de la voix en mesurant la fraction des sons perçue au-dessus du bruit de fond en fonction de la fréquence. Les divers rapports signal-bruit sont pondérés pour tenir compte de l'importance des différentes bandes de fréquence et leur somme représente l'Indice d'Articulation (IA). L'indice d'articulation varie de zéro à un, et on considère qu'une valeur inférieure à 0.15 représente une isolation satisfaisante. En supposant une voix normale de niveau sonore moyen, un niveau de bruit moyen de 48 dB (A), et une distance de 12 pi entre le locuteur et l'auditeur, la figure 1 illustre l'influence des paramètres de l'écran sur le degré d'isolation obtenu. La figure 1 (a) indique que le degré d'isolation augmente avec la hauteur de l'écran; la figure 1 (b) indique les possibilités d'amélioration de l'isolation par l'accroissement de la largeur de l'écran; et la figure 1 (c)

indique les modifications apportées par le déplacement de l'écran. Toutefois cette figure ne tient pas compte du plafond. On peut par conséquent résumer ainsi l'information qu'elle contient: plus l'écran est grand et plus il est rapproché du locuteur ou de l'auditeur, plus la qualité de l'isolation des bruits de voix est grande.

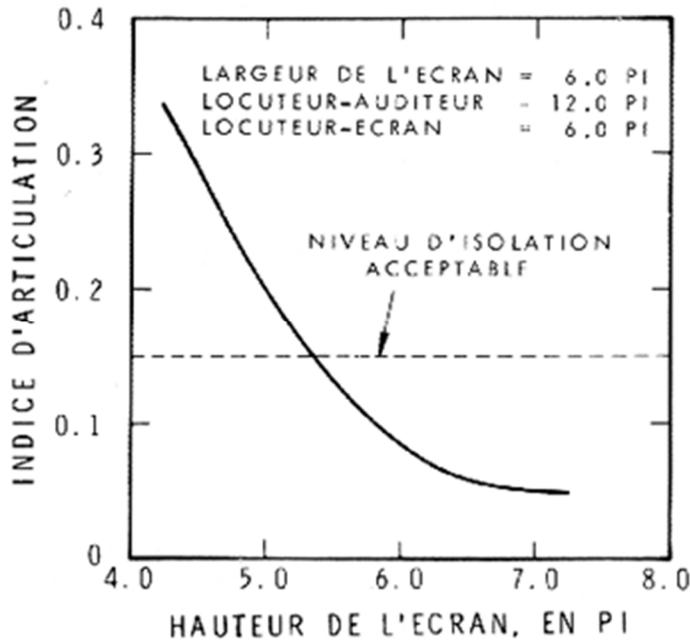


Figure 1(a). Indice d'articulation en fonction de la hauteur de l'écran (pas de plafond).

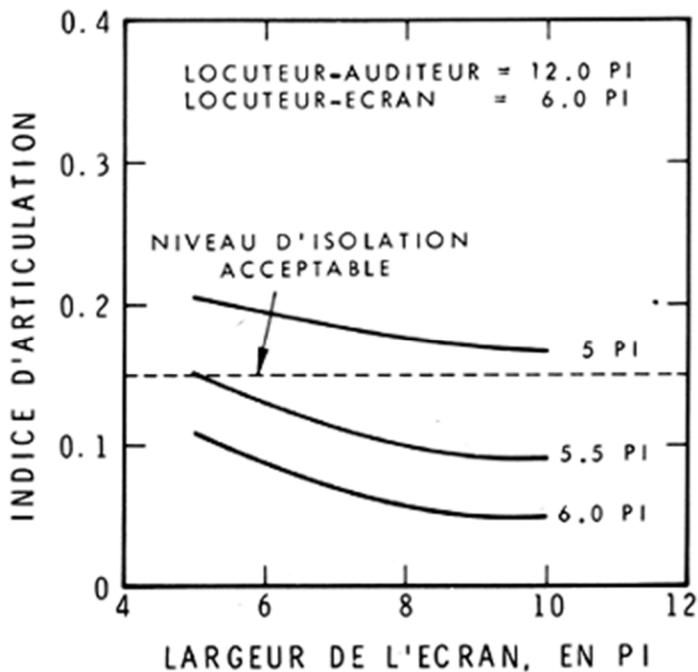


Figure 1(b). Indice d'articulation en fonction de la largeur de l'écran, pour trois différentes hauteurs de l'écran (pas de plafond).

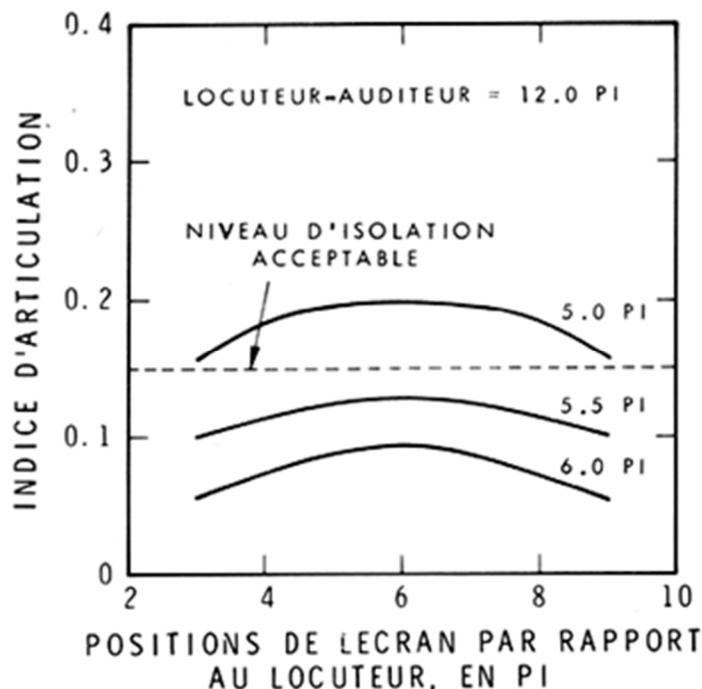


Figure 1(c). Indice d'articulation en fonction de la position de l'écran, pour trois différentes hauteurs de l'écran (pas de plafond).

La figure 1 met aussi en évidence le fait que les écrans dont la hauteur est inférieure à 5.5 pi ne procurent pas une isolation acceptable dans les conditions de cette étude. Dans des conditions réelles les écrans bas sont encore moins satisfaisants. Le niveau du bruit de fond et son spectre de bande théorique sont proches de l'idéal d'utilisation dans un bureau sans cloisons. Toute diminution du bruit de fond augmente l'intelligibilité du langage, tandis qu'une augmentation du bruit de fond sera probablement mal accueillie par les occupants. Une variation de 3 dB du niveau sonore causera une variation correspondante de 0.1 de l'indice d'articulation. Si le locuteur a une voix plus forte que la moyenne, l'isolation entre les postes de travail s'en trouvera aussi réduite. Un élément plus important est l'effet de la réflexion du son par le plafond et le mobilier. Le son réfléchi peut contourner l'écran et réduire considérablement le niveau d'isolation créé par l'écran.

Limitations pratiques des qualités acoustiques des écrans

Un plafond mal conçu est peut-être le défaut acoustique que l'on rencontre le plus fréquemment dans les bureaux sans cloisons. La réflexion des sons par le plafond vers les postes de travail peut accroître considérablement le niveau sonore perçu par l'auditeur. Pour calculer le niveau sonore d'un signal réfléchi par le plafond, il convient de connaître le coefficient de réflexion de la fréquence et l'angle considéré. Au moment de la rédaction du présent digest il n'existe pas de méthode d'essai simple donnant ce coefficient. Pour des plafonds plats habituels on peut admettre avec une approximation raisonnable que: (coefficient de réflexion) = 1 - (coefficient d'absorption). Les coefficients d'absorption sont mesurés dans une salle réverbérante d'expérimentation où on peut avoir tous les angles d'incidence dans les bandes de fréquence choisies. Là encore, il n'existe aucune information sur les effets azimutaux. Pour illustrer l'importance d'un faible coefficient de réflexion ou d'un coefficient d'absorption élevé on peut admettre que le coefficient de réflexion est indépendant de la fréquence et ainsi calculer l'indice d'articulation avec différentes valeurs pour la réflexion du plafond.

La figure 2 montre les effets de la réflexion du plafond sur l'indice d'articulation et indique clairement la raison de prescrire des plafonds fortement absorbants. De même, étant donné que les fréquences élevées de la voix sont les plus importantes, les coefficients d'absorption des bandes d'octave 500, 1000, 2000 et 4000 doivent être élevés.

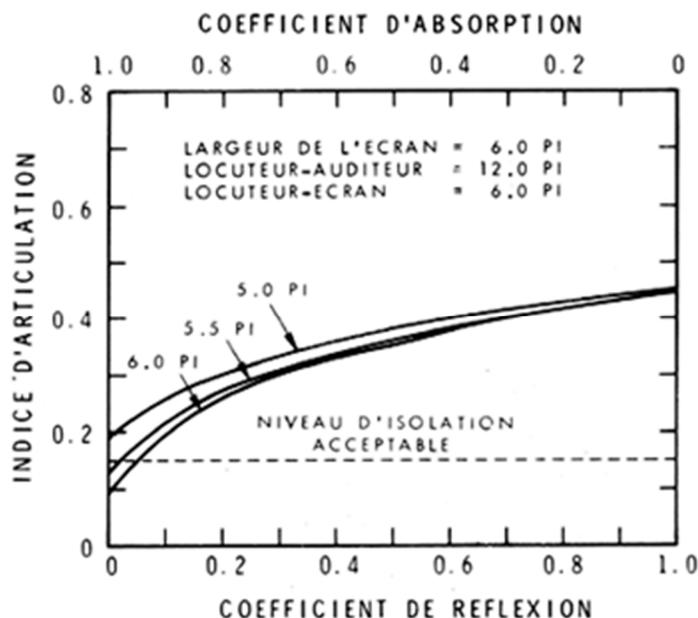


Figure 2. Indice d'articulation en fonction du coefficient de réflexion du plafond pour trois différentes hauteurs de l'écran.

Les surfaces verticales telles que les colonnes et les fichiers, et naturellement les murs, peuvent constituer une surface de réflexion pour la transmission sonore latérale, ce à quoi on peut remédier en les recouvrant d'un matériau absorbant. Les tapis sont très durables et ils sont souvent utilisés pour recouvrir ces surfaces, mais les mesures effectuées ont démontré qu'ils n'étaient pas très efficaces par eux-mêmes. Il faut utiliser un matériau plus absorbant, soit seul, soit sous le tapis, et un support tissé permettant au son de circuler librement.

Absorption du son par les écrans

Les propriétés absorbantes des écrans n'ont pas encore été étudiées. L'écran lui-même est une grande surface plane verticale qui peut se comporter comme un réflecteur d'ondes sonores. Pour éviter cet inconvénient et pour que la réverbération sonore soit maintenue à un niveau aussi faible que possible, les écrans sont recouverts sur leurs deux faces d'un matériau fortement absorbant. Habituellement, on prescrit pour l'écran un coefficient de réduction du bruit d'au moins 0.8, cette mesure étant effectuée avec l'écran maintenu en position verticale sans support. Cette exigence, plus celle de la perte de transmission équivalente, constitue une spécification de base pour les écrans.

Sommaire

Si l'on suppose que le plafond est adéquat, le concepteur du bureau doit trouver un compromis entre la notion d'espace et le degré d'isolation que souhaitent les occupants d'un bureau sans cloisons lorsqu'il s'agit de réaliser l'aménagement et l'isolation appropriés au moyen d'écrans. Bien que le présent digest étudie surtout les caractéristiques principales des écrans, il nous a été nécessaire de mentionner les effets de réflexion des plafonds et des autres surfaces. En fait, le degré d'isolation que procure un écran dépend de nombreux facteurs physiques, en particulier des valeurs du niveau sonore du bruit de fond et sa fréquence, du niveau sonore des conversations, de l'orientation du locuteur, des dimensions et de la position de l'écran, et de l'importance de la transmission latérale. Il est absolument indispensable d'étudier soigneusement tous les détails physiques de la conception pour que les éléments individuels de l'aménagement paysager des bureaux, en particulier les écrans, donnent les résultats les plus satisfaisants.

Enfin, il faut reconnaître qu'une fois la meilleure conception réalisée, le succès dépend essentiellement des occupants utilisant l'espace — du bruit qu'ils font et de la gêne qu'ils créent ou qu'ils ont à subir à cause des activités de leurs voisins.