

10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

La modularité des espaces de bureaux

Marie Laure COCOUAL ALHYANGE ACOUSTIQUE - 6 Cité de l'ameublement 75011 PARIS mcocoual@alhyange.com

A partir d'un bref état des lieux des normes et certifications (mise en avant des critères différents selon affectation des locaux), il s'agit de présenter les problèmes acoustiques rencontrés lors de la phase d'aménagement des plateaux blancs et liés à l'exigence de modularité (plateaux de bureaux livrés avec plafond et planchers techniques filants). Il s'agit ainsi de mettre en avant les seuils de transmissions latérales des plafonds, planchers, montants de façades et risque d'interphonie menant implicitement à des limitations des objectifs acoustiques finaux. Ces problématiques seront présentées aux travers de divers exemples concrets de mesures in situ. Objectif : optimiser les aménagements en fonction du potentiel acoustique du bâtiment livré en plateaux blancs.

1 Introduction

La modularité des espaces de bureaux est une contrainte primordiale pour les maîtres d'ouvrage qui ne connaissent pas, bien souvent, les futurs locataires.

En effet, au terme d'une première phase de travaux de construction ou de réhabilitation d'un bâtiment en « plateaux blancs », succède la phase d'aménagement des plateaux. Les espaces de bureaux sont généralement livrés en espaces ouverts à aménager, avec des plafonds suspendus acoustiques et des planchers techniques filants sur toute la surface du plateau, généralement par zones de 500 à 800 m². Ces plateaux sont ensuite commercialisés, loués et aménagés par des équipes de maîtrise d'œuvre et de travaux, qui peuvent être différentes de celles ayant conçu et construit le bâtiment.

La nouvelle équipe de maîtrise d'œuvre pour l'aménagement des plateaux se trouve alors face à des contraintes qui réduisent considérablement les possibilités quant à la performance acoustique des espaces aménagés. En effet, l'aménagement en espaces ouverts ou le cloisonnement de l'espace ouvert en bureaux, salles de réunion, etc... peut se révéler problématique d'un point de vue acoustique si les dispositions constructives adéquates n'ont pas été prévues ou prises en compte par le maître d'ouvrage à l'initiative du projet du bâtiment. C'est donc le maître d'ouvrage qui a les cartes en main !

La notion de modularité abordée ici est imposée par les maîtres d'ouvrages en début de projet. Cette notion se voit régulièrement limitée au vu des coûts financiers qui résultent de la faisabilité de cette modularité.

Le Volume du plateau blanc est donc caractérisable par un plancher filant (dalles avec ou sans plancher technique), un plafond filant (sous face de dalles avec plafond démontables ou sans pour les nouveaux projets), une façade filante (opaque ou composée de châssis vitrés partiel ou en bandeaux), un réseau aéraulique « plus ou moins filant » sur tout le plateau.



Figure 1 : Plateau livré en Blanc

Ci après nous détaillons le cas des Espaces ouverts puis celui des Espaces cloisonnés.

2 Aménagement en espace ouvert

L'espace ouvert du XXI siècle répond à une nouvelle organisation du travail, par projet, plus que par métier, et à un besoin de flexibilité des entreprises sans pour autant sacrifier le bien-être des salariés. C'est d'autant plus vrai que l'aménagement des plateaux va varier dans la phase d'exploitation du bâtiment de bureaux. La reprise des locaux par un nouveau locataire ou bien le changement d'affectation des espaces au sein de l'entité utilisatrice peut changer la donne : ce qui a été aménagé en bureaux cloisonnés est transformé en espaces ouverts et vice et versa.

La prise en compte de l'acoustique est d'autant plus importante ici que l'intégration de collaborateurs sur un plateau paysager est souvent difficile à accepter en France car ne correspond pas aux principes culturels de besoin d'intimité, de confinement d'espace.... Ces nouvelles méthodes de travail sont plus ou moins acceptées selon qu'elles répondent de la part du maître d'ouvrage à une économie de surface ou à une réelle corrélation avec la culture de l'entreprise et ses méthodes de management basées sur l'échange et l'ouverture vers les autres.

2.1 Critères acoustiques

Quelques définitions :

Durée de réverbération (Tr) : durée, en secondes, nécessaire pour que le niveau sonore existant dans un local décroisse de 60 dB lorsque la source de bruit est instantanément interrompue. La durée de réverbération est déterminée par bandes d'octave pour les fréquences de 125 Hz à 4 000 Hz et définie dans la norme NF EN ISO 3382 [4]

Taux de décroissance spatiale : pente en décibels de la courbe de décroissance sonore spatiale dans une plage de distance donnée, lorsque la distance à la source double. La norme NF EN ISO 14257 [5] définit cette grandeur et donne une méthode de détermination.

Dn,T,w (C ;Ctr) : Isolement standard pondéré aux bruit aériens d'un local : Caractérise la performance acoustique d'un local à l'isolement aux bruits aériens. L'isolement aux bruit aériens peut être calculé à partir des performances acoustiques des éléments constitutifs des parois (Rw et Dn,e,w) et des caractéristiques du local de réception. Il peut également être mesuré in situ en réalisant une mesure dite d'isolement. Il est donnée en dB. L'isolement de façades (bruit routier) est décrit par l'isolement DnT,A,tr. L'isolement entre locaux (bruit rose) est décrit par l'isolement DnT,A.

Indice L'nTw : niveau de pression acoustique pondéré du bruit de choc standardisé, L'nTw. Il est évalué selon la norme NF EN ISO 717-2 [6]. Cet indice est basé sur l'indice L'nT défini dans la norme NF EN ISO 140-7

Indice Dn,f : différence des niveaux de pression acoustique, moyennés de façon spatio-temporelle, entre deux salles pour une ou plusieurs sources sonores placées dans l'une d'elles, la transmission résultant de la transmission indirecte étant produite uniquement par le chemin latéral spécifié défini dans la norme NF EN ISO 10848 [7]

Aucune réglementation acoustique n'existe à ce jour, en France, pour les espaces de bureaux. L'acoustique est toutefois de plus en plus une thématique intégrante des projets via la certification HQE demandées par les maîtres d'ouvrage. Cette certification fixe divers critères acoustiques. Le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardise L'nT,w transmis dans les espaces ouverts doit être inférieur ou égal à 60 dB ou 57 dB, selon le niveau de performance visé.

En ce qui concerne les critères de niveau de bruit des équipements dans les espaces ouverts, le niveau de pression acoustique normalisé LnAT engendré doit être inférieur ou égal à 40 dB(A), ou 45 dB(A) selon le niveau de performance visé.

La notion de sonorité à la marche est traitée par la nécessité de mise en œuvre de revêtements de sol à minima de classe B (de classe A ou B définie dans la norme NF S 31-074) dans ces espaces.

Enfin, l'Acoustique interne des espaces ouverts est également un enjeu majeur. Il est demandé de vérifier la condition suivante pour l'aire d'absorption équivalente des revêtements: $AA_{\text{totale}} \geq 0,6 S(\text{surface au sol})$ ou 0.75 selon le niveau de performance visé. L'AAE est donnée par la relation suivante : $AAE = \sum S_i \times \alpha_i$ avec S_i la surface considéré et α_i son coefficient associé.

A titre comparatif, la Norme NFS 31 080, relative aux espaces de bureaux propose les critères ci-dessous :

critère	catégorie		
	base	performant	très performant
bruits de chocs	$L'nTw \leq 62\text{dB}$	$L'nTw \leq 60\text{dB}$	$L'nTw \leq 58\text{dB}$
temps de réverbération	$Tr \leq 0.8\text{s}$	$0.6\text{s} \leq Tr \leq 0.8\text{s}$	$Tr \leq 0.6\text{s}$
décroissance spatiale ($V \leq 250\text{m}^3$)	2dB(A)/dd si décroissance non applicable : $Tr \leq 1.2\text{s}$	3dB(A)/dd si décroissance non applicable : $Tr \leq 1\text{s}$	4dB(A)/dd si décroissance non applicable : $Tr \leq 0.8\text{s}$

Figure 2 : Critères extraits de la norme NFS 31 080 de janvier 2006

Cette norme intègre, en comparaison avec le référentiel HQE) des critères complémentaires de décroissance spatiale qui permettent de mieux caractériser les potentiels acoustiques d'un espace de bureaux. Cette donnée est indispensable pour les études en phase d'aménagement de ces types d'espaces.

2.2 Préalables à la conception acoustique de l'aménagement

En phase de construction du bâtiment, ne connaissant pas l'usage futur des plateaux, il est d'usage de conseiller de mettre en œuvre des plafonds acoustiques associant des performances d'absorption d'une part à des performances de d'isolation latérale d'autre part. Ces deux contraintes sont, d'une certaine manière, antinomiques, puisque la performance d'isolation est obtenue par l'opacité et la masse des parois, alors que la performance d'absorption est, elle, obtenue par la légèreté et la quantité d'air emprisonnée dans le matériau. Autrement dit, un complexe séparatif bon en absorption ne sera a priori pas bon en isolation et inversement.

En revanche, il est clair que la performance acoustique des espaces ouverts est très intimement liée à la quantité d'absorption apportée au local.

Dans le cas d'un projet d'aménagement d'espaces de bureaux, l'intervention d'un acousticien commence donc par qualifier les performances acoustiques du plateau blanc à aménager: durée de réverbération, niveaux de bruit des équipements techniques ainsi que le taux de décroissance spatiale, qui sont des indices appropriés à la caractérisation acoustique des espaces ouverts. Cet audit de l'existant permet à l'acousticien d'évaluer le potentiel acoustique du bâtiment, eu égard aux attentes du locataire des locaux. Ce diagnostic est une condition aujourd'hui indispensable à la maîtrise future de l'ambiance sonore dans les locaux acoustiquement complexes que sont les espaces ouverts en activité.

2.3 Problématiques acoustiques des espaces ouverts

En fonction du type d'activité, le niveau sonore d'ambiance peut devenir perturbant pour une activité cérébrale ou nécessitant une concentration importante. Les niveaux sonores sont induits par les conversations entre collaborateurs et les équipements fixes des bureaux (ordinateurs, claviers, sonneries téléphones...). De nombreuses études montrent que les conversations sont la source de bruit la plus importante. Ceci d'autant plus qu'il y a une similarité forte entre le contenu des discussions et le contenu du travail en cours. Le bruit des sonneries téléphones et les bruits d'impact divers restent néanmoins des sources de gêne non négligeables, à prendre en compte dans les études. Le confort acoustique d'un plateau de bureaux sera donc caractérisé par des sources émergeant ponctuellement au-dessus d'un niveau de bruit ambiant en activité. De ce fait, le confort acoustique sera intimement lié au nombre d'occupants et au type d'activité dans l'espace ouvert. La Norme NSF 31 199 en cours de rédaction s'attache à proposer des critères acoustiques pour des espaces de bureaux occupés.

Pour assurer un minimum de confort au sein d'un même espace de bureaux ouvert, il ressort, de notre expérience, des gammes d'indicateurs minimales suivantes en conception du projet :

Critères Matériaux	Gamme basse	Gamme moyenne	Gamme haute
Isolement façade		X	
Transmission latérale façade	X		
Absorption plafond			X
Transmission latérale du plafond	X		
Atténuation au bruit de chocs du plancher	X		
Transmission latérale du plancher	X		
Sonorité à la marche plancher			X
Niveaux de bruits d'équipements		X	
Interphonie via réseaux aérauliques	X		
Interphonie via luminaires	X		
Interphonie via boîtes à rideaux	X		

Figure 3 : Tableau de gammes d'indicateurs assurant une performance acoustique minimale d'un espace de bureaux ouvert

Ce tableau sera comparé avec les indicateurs pour les espaces cloisonnés objet du paragraphe suivant.

3 Aménagement en espaces cloisonnés

En phase d'aménagement des plateaux, l'intervention d'un acousticien en collaboration avec l'aménageur permet d'optimiser le projet pour atteindre les objectifs d'isollements acoustiques souhaités dans les diverses zones. Nous rappelons ici que les solutions acoustiques restent toutefois réduites, lorsque la « coque » initiale du bâtiment n'a pas été conçue pour évoluer vers ce type d'aménagements. L'espace cloisonné consiste dans son principe à créer des cellules acoustiquement indépendantes les unes des autres, en apportant de l'isolation acoustique. Ce qui est communément appelé isolement acoustique global entre locaux résulte de la performance combinée de tous les éléments qui participent à rendre ces cellules indépendantes, que cela soit les cloisons séparatives démontables, le plafond suspendu filant au-dessus desdites cloisons ou encore le plancher technique filant en dessous. La performance d'isolement acoustique est de plus liée au coffrage éventuel pour rideau filant le long de la façade, de la façade elle-même permettant une adaptation des jonctions de cloison ou non. Pour finir, la performance dépend du système de ventilation, qui peut parfois entraîner des ponts phoniques entre locaux ou des niveaux sonores trop élevés pour des espaces de taille réduite.

L'enjeu existe au stade de la mise en œuvre de l'aménagement mais aussi lors de l'exploitation des locaux. Les performances acoustiques des matériaux devront être maintenues après interventions de maintenance nécessitant l'accès aux équipements situés au-dessus du plafond suspendu ou sous le plancher technique.

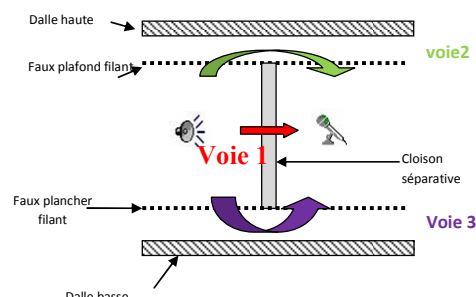


Figure 4 : Vues schématiques des voies de transmission - Coupe

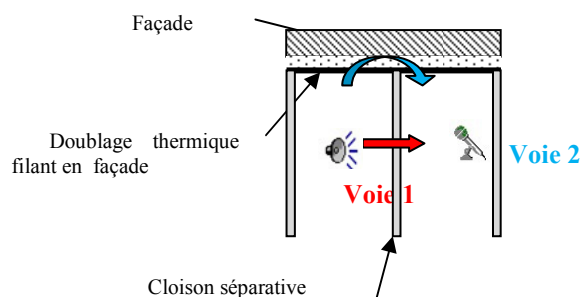


Figure 5 : Vues schématiques des voies de transmission – En Plan

3.1 Critères acoustiques

Les types de critères précisés au paragraphe 2.1, s'appliquent également pour les espaces cloisonnés avec, en plus, la thématique des isollements entre espaces cloisonnés. Il est, en effet, demandé un isolement acoustique standardisé pondéré D_{nTA} entre les bureaux individuels et tout type d'espace d'activité de bureau supérieur ou égal à 38 dB, 40 dB, 43 dB, selon le niveau de performance visé.

3.2 Quelques exemples de limitation des modularités des espaces

Nos derniers projets de rénovation d'espace de formations cloisonnés ont mis en avant les problèmes de modularité des espaces ouverts en espaces cloisonnés :

Cloisons amovibles acoustiques

Pour ce 1^{er} exemple, la cloison amovible n'est pas parfaitement jointée avec le plafond (en projeté de billes de polystyrène) et le pont acoustique engendré limite la performance d'isolation (la jonction restant apparente, aucune finition au joint souple n'a été effectuée).



Figure 6 : Jonction de cloison avec projeté en sous face de dalle

A titre indicatif les gammes de performances des cloisons amovibles sont à ce jour les suivantes :

Première gamme : $RA = 40 \text{ dB}$
Gamme moyenne $RA = 44 \text{ dB}$
Gamme haute $RA = 48/50 \text{ dB}$

Les Châssis filants

Les critères d'isolement demandés sont difficiles à atteindre pour les cas de jonction de cloison sur meneau de façade (cas rencontré dans les projets de façade rideau, ou de châssis vitrés en bandeaux). Des critères de transmission latérale de façades sont fixés par calculs, mais à ce jour, très peu de façadiers présentent ce type de PV :

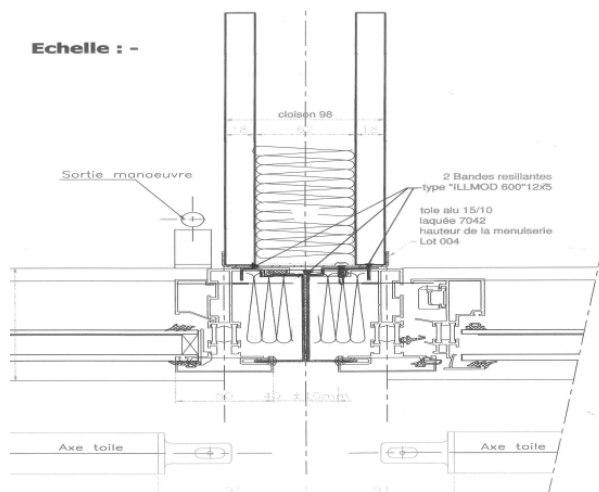
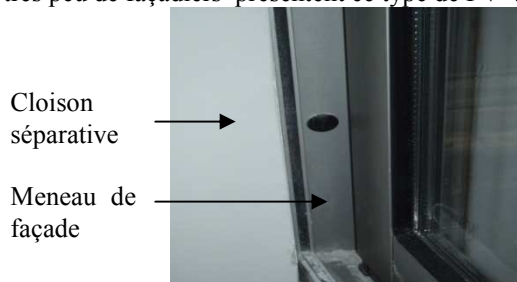


Figure 7 : schéma de principe de meneau de façade désolidarisé pour limiter les transmissions latérales

Les réseaux de ventilation

L'exemple ci-dessous présente un cas d'interphonie entre espace contigus via les gaines de ventilation filante:



Figure 8 : Réseau Soufflage longeant la façade en Soffit :



Figure 9 : Vue de l'intérieur du soffit :

Plafonds acoustiques

De nouvelles contraintes énergétiques dans la conception des bâtiments, mènent parfois à des solutions de plafonds rayonnants dans le cas des bâtiments à énergie positive. Les sous face de dalles sont laissées à nu ... Le manque de surface d'absorption est difficilement pallié par des éléments suspendus partiellement. Ces espaces sont donc plus compatibles pour des bureaux individuels, petits espaces, limitant la réverbération.

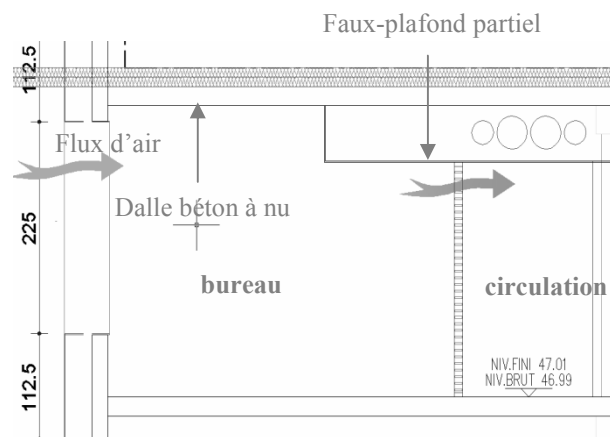


Figure 10 : schéma de principe d'un bâtiment sans plafond acoustique pour utilisation de l'inertie thermique de la sous face de dalle

Planchers techniques

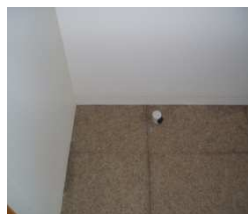


Figure 11 : Plancher technique filant



Figure 12 : Résilient sur plots et en contour des dalles de plancher

Pour cet exemple, la déformation dans le temps des plaques de plancher technique génère des bruits de chocs importants. La moquette usagée, implique par ailleurs un niveau de bruit de chocs important depuis les circulations vers les salles de formation.

A titre indicatif, les gammes de performance des planchers techniques neufs qui présentent des PV d'essais sont du type :

Isolement acoustique Latéral normalisé:
 $40 \text{ dB} \leq D_{nfw} \leq 45 \text{ dB}$

Niveau de bruits de chocs latéral normalisé :
 $70 \text{ dB} \leq L_{nfw} \leq 75 \text{ dB}$ sans revêtement de sol
 $50 \text{ dB} \leq L_{nfw} \leq 55 \text{ dB}$ avec revêtement moquette

3.3 Les solutions optimisées

Pour assurer cette pérennité dans le temps, l'acousticien s'attache donc à **optimiser** les caractéristiques acoustiques des divers matériaux d'aménagement (cloisons, portes,

barrières acoustiques, etc..) de façon à atteindre les critères d'isollements visés entre locaux.

L'idée de performance combinée est véritablement centrale dans cette démarche. La mise en œuvre de matériaux performants pour les cloisons démontables, les plafonds suspendus et les planchers techniques peut se révéler inefficace si la façade, la structure du bâtiment, les installations de ventilation ou de climatisation ne sont pas adaptées à l'obtention de tels isollements ou si les principes de mise en œuvre ne sont pas respectés. Par conséquent, privilégier la performance d'un des éléments du complexe sans s'assurer que les autres bénéficient d'une performance compatible et équivalente s'avèrera inopérant.

Enfin, pour atteindre les objectifs d'isolement, la qualité de mise en œuvre des matériaux est indissociable de leurs qualités intrinsèques. Tout défaut d'étanchéité à l'air, dû à la mauvaise jonction des systèmes peut être préjudiciable à la performance constatée en site. On peut citer pour exemple la jonction entre cloison séparatrice et plafond suspendu filant, ou encore la jonction entre cloison séparatrice et façade. L'acousticien intervient de ce fait également en suivi de chantier pour assurer le respect des critères en phase de réception des travaux.

Pour illustrer ces propos, quelques résultats d'isollements mesurés entre cellules cloisonnées sont présentés dans le tableau 1. Ils ont été mesurés sur site entre bureaux avec cloisons démontables, plafonds suspendus et planchers techniques, dans des bâtiments à structure béton (dalles, façade). Les réseaux de climatisation sont standards, sans traitement acoustique particulier.

Cloisons	Plafond suspendu filant	Plancher technique filant	Résultats D_{nTA}	Critère « Courant » NFS 31-080 / Conformité
Standard ($R_s = 40$ dB)	Gamme Moyenne ($D_{nfw} = 32$ dB)	Gamme supérieure $D_{nfw} < 49$ dB + barrière acoustique légère	27.0 dB	35 dB / NON
Standard ($R_s = 40$ dB)	Gamme Moyenne ($D_{nfw} = 32$ dB) + barrière acoustique légère	Gamme supérieure $D_{nfw} < 49$ dB + barrière acoustique légère	32.0 dB	35 dB / NON
Renforcée ($R_s = 44$ dB)	Gamme Moyenne ($D_{nfw} = 32$ dB) + barrière acoustique légère	Gamme supérieure $D_{nfw} < 49$ dB	35.0 dB	35 dB / OUI

Figure 12 : performance d'isolation et conformité vis-à-vis du niveau de performance « Courant » de la norme NF S31-080 pour trois complexes séparatifs fréquemment employés dans le cadre de projets de bâtiments de bureaux cloisonnés.

Ces mesures montrent que le degré de performance « Courant » de la norme NF 31 -80 est difficilement atteint. Notons ici, que le critère de base pour les certifications HQE sont 38 dB.

L'obtention de critères de confort type « **performants (40 dB)** » et « **très performants (43 à 45dB)** » implique la mise en œuvre de prestations plus performantes. Par là, nous entendons des cloisons performantes toute hauteur, percutant à la fois dalle haute et dalle basse, ainsi que des châssis vitrés en façade non filant entre locaux ou bien des châssis spécialement étudiés avec rupture de pont phonique. Ces degrés de performance élevés sont habituellement retenus pour les locaux sensibles et peu soumis à la contrainte de flexibilité, comme les salles de visioconférence, les salles de conseil et les bureaux de direction.

En synthèse, pour assurer un minimum de confort acoustique entre cellules cloisonnées, il ressort, de notre expérience, les gammes d'indicateurs **minimales** suivantes en conception du projet, (en bleu ci-dessous /les indicateurs pour le cas des espaces ouverts sont laissés à titres comparatif en vert) :

Critères	Gamme basse	Gamme moyenne	Gamme haute
<i>Matériaux</i>			
<i>Isolement façade</i>		X	X
<i>Transmission latérale façade</i>	X		X
<i>Absorption plafond</i>	X		X
<i>Transmission latérale du plafond</i>	X		X
<i>Atténuation au bruit de chocs du plancher</i>	X		X
<i>Transmission latérale du plancher</i>	X	X	
<i>Sonorité à la marche plancher</i>			X X
<i>Niveaux de bruits d'équipements</i>		X	X
<i>Interphonie via réseaux aérauliques</i>	X		X
<i>Interphonie via luminaires</i>	X		X
<i>Interphonie via boîtes à rideaux</i>	X		X

Figure 13 : Tableau de gammes d'indicateurs assurant une performance acoustique minimale d'un espace de bureaux ouvert

Si l'on compare, les indicateurs minima des deux types d'aménagements, il en résulte que chaque thématique doit être conçue en performance Haute (par rapport aux divers matériaux sur le marché) pour assurer une parfaite modularité des espaces. Cet état de fait implique un grand travail de conception acoustique des projets de façon à trouver des solutions modulaires optimisées qui impliqueront toutefois souvent des écarts de budgets significatifs.

4 Conclusion

Si l'on compare, les indicateurs minima des deux types d'aménagements de plateau livré en Blanc à aménager en Espace Ouvert et Espace Cloisonné, il en résulte que chaque thématique doit être conçue en performance Haute (par rapport aux divers matériaux sur le marché) pour assurer une parfaite modularité des espaces. Par ailleurs, selon les choix fait par le maître d'ouvrage, il apparaît indispensable de fournir dès la phase de conception une note précisant le potentiel acoustique du bâtiment. Les maîtres d'ouvrage doivent en effet maîtriser ce point, les locataires étant souvent déçus des performances atteintes en aménagement final. L'intervention d'un acousticien dès la conception du bâtiment reste primordiale, les référentiels de

qualité environnementale, et la Norme NFS 31-080 [2] aide à faire évoluer les mentalités dans ce sens.

Dans tous les cas, ces thématiques de modularité des espaces de bureaux, associées aux nouveaux concepts d'économie d'énergie génère un fort besoin de matériaux innovants ...

Références

- [1] Référentiel HQE Bâtiment Tertiaire de juillet 2008.
- [2] NFS 31-080 de Janvier 2006. Bureaux et espaces associés
- [3] Article ECHO BRUIT n°126 09.2009
« L'acousticien et les projets de bâtiments à usage de bureaux » –Marie Laure COCOUAL
- [4] NF EN ISO 3382 : Mesurage des paramètres acoustiques des salles
- [5] NF EN ISO 14257 : Acoustique - Mesurage et description paramétrique des courbes de décroissance sonore spatiale dans les locaux de travail en vue de l'évaluation de leur performance Acoustique – Janvier 2002
- [6] NF EN ISO 717-2 : Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction Aout 1997
- [7] NF EN ISO 10848: Mesurage en laboratoire des transmissions latérales du bruit aérien et des bruits de choc entre pièces adjacentes. Novembre 2006 [