

10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

La correction acoustique dans les bâtiments à régulation thermique par inertie de dalles : application au premier immeuble de bureaux à énergie passive en Ile-de-France

Maud Serra¹

¹PEUTZ & Associés, 10 B Rue des Messageries 75010 Paris, m.serra@peutz.fr

L'urgence grandissante d'une limitation des dépenses énergétiques liées aux activités humaines a conduit ces dernières années à un durcissement constant de la réglementation thermique dans le bâtiment et au développement de plusieurs labels de qualité environnementale et développement durable. Cette démarche conduit les acteurs du bâtiment à rechercher des solutions constructives à énergie passive ou positive, telle que la régulation thermique par inertie de dalles qui connaît un essor, particulièrement dans les immeubles à destination de bureaux. Du point de vue acoustique, le confort des usagers passe par des traitements spécifiques, notamment en terme d'acoustique interne. La réverbération des locaux est usuellement contrôlée par la mise en œuvre de faux plafonds continus qui masquent les sous faces de dalles, incompatible avec le principe de régulation par inertie. L'absence de réglementation acoustique pour les bâtiments tertiaires fait peser le risque d'un développement des solutions thermiques au détriment du confort acoustique. La norme NFS 31-080 et les référentiels HQE permettent de limiter les dérives en établissant des objectifs acoustiques également pour les espaces de bureaux. La confrontation des contraintes nous mène ainsi de plus en plus à une réflexion sur les interactions et la compatibilité entre confort thermique et acoustique. Une conception « globalisante » de l'amélioration des conditions de vie actuelle et future doit nécessairement passer par une perpétuelle mise en adéquation des solutions et des référentiels acoustiques (réglementaires, normatifs ou labels) avec les avancées dans le domaine de la construction à énergie zéro, aussi rapides soient-elles. Cela demande plus que jamais un échange entre les BET thermiques et acoustiques pour arriver à concilier consommation énergétique réduite et qualité de vie. Cette expérience est illustrée à travers une étude spécifique d'acoustique interne pour des plateaux de bureaux d'un projet à Energie zéro à Saint-Denis, France.

1 Introduction

La prise de conscience de l'ampleur des dépenses énergétiques conduit à un durcissement constant de la réglementation thermique dans le bâtiment et à l'essor des labels de qualité environnementale. Des solutions constructives à énergie passive ou positive, telle que la régulation thermique par inertie de dalles, sont de plus en plus envisagées dans les immeubles à destination de bureaux.

Ce principe soulève en particulier la question de la compatibilité des solutions thermiques avec le confort acoustique interne des espaces qui requiert la mise en œuvre de traitements absorbants en plafond.

Ce sujet est abordé à travers le cas du premier immeuble de bureaux à énergie zéro en Ile-de-France qui a fait l'objet d'une double démarche de qualité environnementale (BBC [5] et HQE [1]).

Ce projet nous a menés à une réflexion sur l'évolution du référentiel acoustique de qualité environnementale et sur la recherche de solutions répondant aux demandes acoustiques et thermiques sans que l'un des deux aspects ne soit traité au détriment de l'autre, ainsi que dans le respect des spécificités architecturales de l'opération.

2 Antinomie apparente des contraintes applicables au projet

2.1 Acoustique et thermique

En première approche, les principales contraintes thermiques et acoustiques applicables au projet sont les suivantes :

- Contrainte thermique Label BBC 2005 (RT2005 – 50%) conduisant le BET à proposer un principe de rafraîchissement par inertie thermique de dalles, nécessitant un recouvrement maximal de 40 % de la surface de plancher haut dans les zones de bureaux.

- Contrainte acoustique HQE Référentiel 2006 Cible 9 au niveau Base exprimée par une aire d'absorption équivalente du plafond (AAE plafond) au moins égale à 60 % de la surface au sol.

L'énoncé de ces contraintes met en évidence une situation antinomique, qui révèle la nécessité de croiser les données des domaines acoustique et thermique. Elle suscite donc des interrogations, notamment en terme de marge de manœuvre sur les valeurs annoncées et de pertinence des critères retenus.

Les paragraphes suivants développent cette approche, plus particulièrement sur l'aspect acoustique.

2.2 L'acoustique interne des bureaux dans le référentiel HQE

Dans le premier référentiel technique de certification HQE pour les bâtiments tertiaires en 2006, les créateurs du label ont défini la contrainte d'acoustique interne des plateaux de bureaux par une formulation relativement simplifiée, exprimée en terme de moyens par une aire d'absorption équivalente (AAE) minimale et en ne prenant en compte que la contribution des traitements absorbants en plafond. Cette approche permet en effet de répondre aux cas usuels de traitement des plateaux de bureaux par faux plafond continu. Elle a par ailleurs l'avantage d'être abordable pour tous les acteurs du bâtiment.

Néanmoins, cette approche se révèle inadaptée à certaines spécificités architecturales et techniques et devient notamment illusoire dès lors qu'une approche thermique inertie de dalle est recherchée.

Il est donc nécessaire de la traduire par d'autres paramètres tout en conservant une cohérence avec la démarche et le niveau de qualité recherchés.

La confrontation à ce type de spécificités a conduit à une évolution du référentiel depuis 2008 [2] avec la prise en compte de l'absorption du sol dans l'expression de l'aire d'absorption équivalente minimale à apporter dans les locaux et surtout l'introduction d'une équivalence possible entre la contrainte HQE et la norme NFS31-080 [3] qui permet de traduire l'objectif de moyen du référentiel HQE en objectif de résultat, notamment de durée de réverbération, plus adapté à ce type de projet et plus facilement transposable en appréciation du confort.

2.3 Aspects architecturaux influençant la solution à retenir

Outre la contrainte thermique de limitation du recouvrement des dalles de plancher haut qui exclut tout traitement acoustique par faux plafonds continus, d'autres contraintes interfèrent sur la solution à retenir.

En particulier, la hauteur sous dalle disponible est un paramètre décisif qui dicte l'encombrement maximal envisageable pour le traitement. Dans le cas du projet la hauteur sous dalle disponible étant de 2,70 m, une hauteur maximale de 25 cm maximum était disponible pour le traitement en plafond.

En outre, l'intégration des luminaires et d'autres dispositifs tels que des brasseurs d'air réduisent d'autant plus la surface disponible pour les traitements acoustiques et le rayonnement thermique.

Ces limitations conduisent à étudier la possibilité de mise en œuvre de traitements complémentaires sur d'autres surfaces que le plafond. Cependant, dans le cas de plateaux de bureaux ouverts, il convient de s'assurer que de tels traitements restent compatibles avec les autres aspects de confort acoustique et n'induisent pas de ponts phoniques entre bureaux dans le cas de cloisonnement éventuels. Les configurations possibles de cloisonnements doivent donc être anticipées.

Il s'agit d'autant de contraintes qui orientent les possibilités de traitement en imposant des dimensions limitées pour le système retenu (panneaux et plénum) et des possibilités restreintes de calepinage.

3 Définition des traitements d'acoustique interne

3.1 Enjeux et analyse des possibilités de traitements

Le principal enjeu d'acoustique interne dans les plateaux de bureaux consiste à procurer une atténuation sonore de poste à poste de travail qui permette aux utilisateurs de mener simultanément des activités et notamment des conversations téléphoniques indépendantes en limitant le parasitage entre groupes de travail.

Or, le plafond est la voie de propagation privilégiée du son à longue distance du fait de l'absence de d'obstacles tels que le mobilier ou les individus. L'atténuation sonore avec la distance passe donc nécessairement par un traitement absorbant en plafond. C'est pourquoi, malgré la limitation d'efficacité imposée par le principe de régulation par inertie de dalle, il est indispensable de rechercher une solution optimisée en plafond.

Néanmoins, il s'avère indispensable d'accompagner ce traitement par des compléments d'absorption au sol (moquette) et muraux. Le mobilier contribue également significativement au confort interne des plateaux de bureaux (cloisonnettes apportant absorption et diffusion sonore) mais l'évaluation de son influence sous entend de connaître quantité, nature et emplacement du mobilier, ce qui le plus souvent n'est pas défini avant la prise de possession des locaux par le preneur.

3.2 Recherche de solutions en plafond

Trois pistes de solutions de plafonds absorbants discrétisés ont été envisagées :

- Baffles absorbants verticaux (figure 1).
- Objets absorbants suspendus (figure 2).
- Nappes de plafond absorbantes horizontales (figure 3).

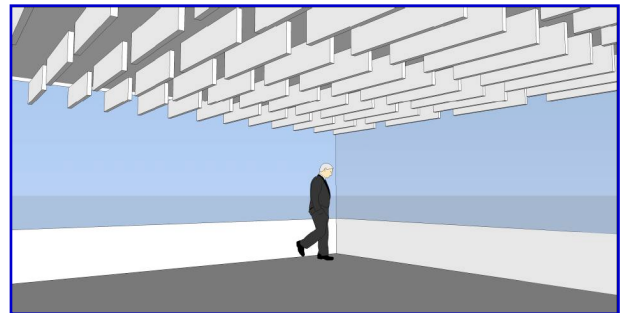


Figure 1 : Baffles absorbants verticaux

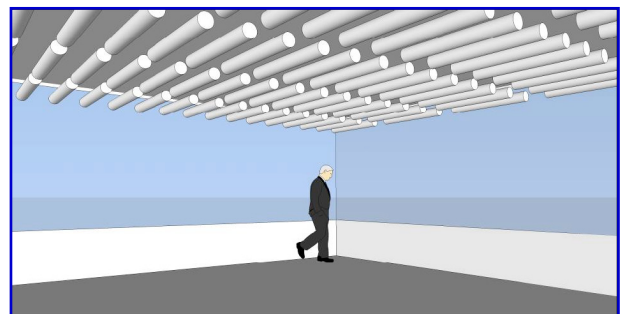


Figure 2 : Objets absorbants suspendus

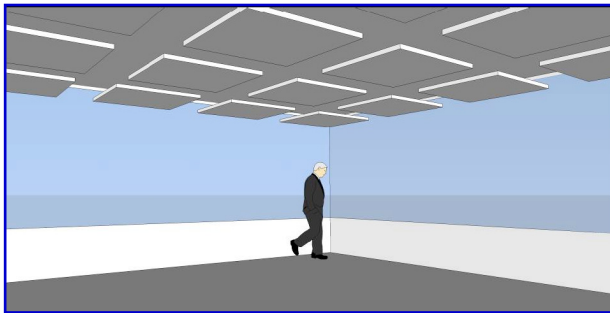


Figure 3 : Nappes de plafond absorbantes horizontales

À aire d'absorption équivalente égale, d'autres paramètres influent sur l'efficacité acoustique du dispositif :

- l'orientation des baffles
- la hauteur du plénum
- l'entraxe entre baffles
- la nature de la face arrière des panneaux (absorption monoface / biface)

Sauf exception, il est à regretter que les fabricants disposent d'assez peu de données sur les variations de comportement acoustique des produits en fonction de ces multiples paramètres. L'analyse de ces solutions est donc complexe.

Il apparaît que les principes d'éléments verticaux et d'objets suspendus présentent tous deux des limites plus importantes que le principe de nappes horizontales :

- Limites architecturales et de coût, car une faible hauteur de traitement disponible nécessite un fort rapprochement des éléments pour une efficacité optimale (maillage serré).
- Limites d'efficacité acoustique en terme d'atténuation de poste à poste du fait de l'effet de « couloir réfléchissant » produit lorsque l'écartement entre éléments est trop important, les nappes absorbantes horizontales permettant une atténuation de poste à poste plus importante quelle que soit l'orientation des bureaux.

4 Recherches en laboratoire

La société PEUTZ et Associés dispose d'un laboratoire agréé aux Pays-Bas où il a été procédé à des tests croisés de capacité thermique et de coefficients d'absorption en fonction du taux de recouvrement des plafonds. Les mesures ont été effectuées selon les norme ISO 354 et NEN EN 14240. Les tests ont été menés sur des nappes horizontales de faux plafonds de fibres minérales de 25 mm, à absorption biface.

Les figures 4 et 5 présentent les résultats de tests d'absorption acoustique illustrant l'influence du passage d'un faux plafond continu à un faux plafond partitionné constitué du même matériau. Les tests de la figure 4 ont été réalisés avec un plénum de 150 mm et de 200 mm pour ceux de la figure 5.

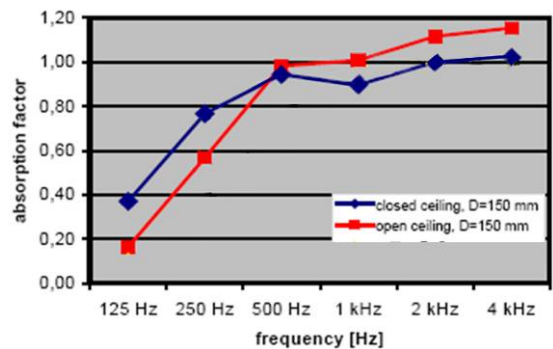


Figure 4 : comparaison des coefficients d'absorption entre un faux plafond continu fermé et un faux plafond discrétisé ouvert (plénum 150mm)

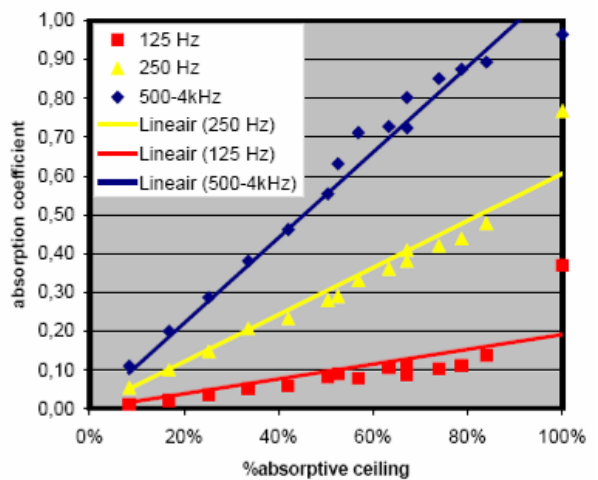


Figure 5 : évolution des coefficients d'absorption de faux plafonds discrétisés en fonction du taux de recouvrement (plénum 200mm)

Dans les basses fréquences, le coefficient d'absorption du plafond partitionné est nettement inférieur au coefficient d'absorption du plafond continu, ce qui s'explique par la perte de l'effet de membrane et le rééquilibrage de pression de l'air de chaque côté des éléments ponctuels suspendus. Cette perte d'absorption sera plus ou moins prononcée selon la nature et l'épaisseur des éléments testés.

Au contraire, dans les hautes fréquences, le coefficient d'absorption du plafond partitionné est supérieur au coefficient d'absorption du plafond continu, la face cachée des nappes de faux plafond apportant une aire d'absorption supplémentaire. Cette augmentation d'absorption varie selon le taux de recouvrement et la hauteur du plénum.

Dans le principe de régulation thermique par inertie de dalles, le transfert d'énergie thermique s'effectue à la fois par rayonnement et convection.

Des tests croisés de mesure de capacité thermique et de coefficient d'absorption acoustique ont été menés sur des nappes horizontales de faux plafonds de fibres minérales de 40 mm, à absorption biface avec un plénum de 200 mm. Ces tests ont été effectués pour différentes valeurs de taux de recouvrement des dalles par les éléments de faux plafond. La figure 6 expose une synthèse des résultats obtenus. La capacité thermique de 100% correspond à une configuration sans faux plafond suspendu.

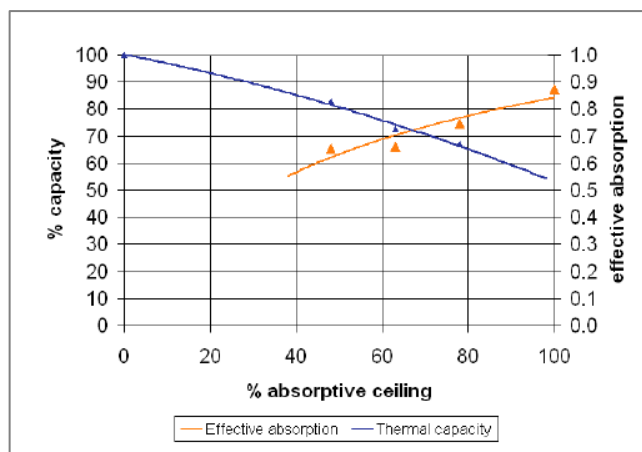


Figure 6 : comparaison de la perte d'efficacité thermique (en bleu) et de l'absorption acoustique (moyenne 500-4000 Hz en orange) en fonction du taux de recouvrement (fibres minérales 40mm, plénum 200mm)

Il est intéressant de constater qu'il n'y a pas de proportionnalité de la surface couverte avec la perte d'efficacité thermique du fait que la mise en œuvre d'un faux plafond influe surtout sur le rayonnement, mais peu sur la convection. Un recouvrement de 50% de la surface des dalles entraîne une perte de capacité thermique de l'ordre de 20%. Il existe donc un optimum à trouver pour rendre compatible exigences thermiques et confort acoustique.

5 Solution retenue pour le projet

La solution retenue pour le projet a consisté en la mise en œuvre des traitements complémentaires suivants :

- nappes absorbantes biface en fibres minérales dans la zone de bureau proprement dite ;
- faux plafond absorbant continu en fibres minérales sur 100% du plafond des zones de circulations incluses dans l'open space ;
- revêtement mural absorbant en fibres minérales sur 40% environ des parois sur les noyaux structurels et les murs pignons ;
- le revêtement de sol moquette participe également du traitement global.

Les espaces types du projet ont fait l'objet d'une modélisation informatique 3D pour l'évaluation des critères acoustiques.

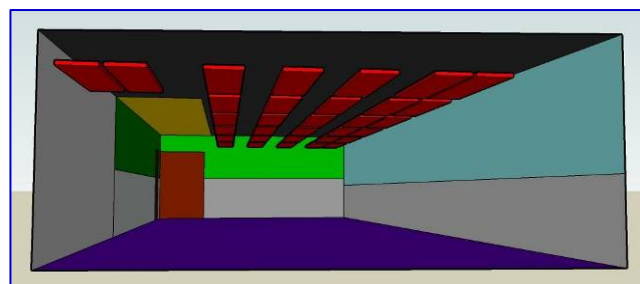


Figure 7 : vue du modèle informatique d'acoustique prévisionnelle

Les résultats obtenus montrent une AAE totale (plafond+sol+mur) toujours supérieure à 60% de la surface au sol, avec AAE pour les plafonds seuls entre 53 et 66 % selon les zones du projet.

En terme de durée de réverbération, les valeurs obtenues sont toujours inférieures ou égales à 0,9 s (niveau performant de la norme NFS31-080) sans mobilier.

6 Conclusion

La forte interaction des principes acoustiques et thermiques lorsqu'un traitement par inertie de dalle est envisagé met en évidence la complexité des phénomènes physiques et fait réapparaître le caractère indispensable d'une approche commune et pluridisciplinaire pour arriver à une solution optimisée.

Du point de vue acoustique, l'étude du projet a montré les difficultés pour atteindre stricto sensu le niveau base du HQE cible 9 dans son expression du référentiel 2006 malgré la garantie de confort acoustique justifiée par une approche en terme de durée de réverbération. Cela révèle pour l'avenir la nécessité d'une perpétuelle mise en adéquation des référentiels HQE avec les avancées dans le domaine de la construction à énergie zéro, pour concilier consommation énergétique réduite et qualité des conditions de travail.

Néanmoins il faut garder à l'esprit que l'utilisation de l'inertie thermique des dalles entraîne, outre certaines contraintes de flexibilité des espaces, un risque important de dégradation du confort acoustique interne des locaux.

Avec l'évolution de la réglementation thermique, acousticiens et thermiciens sont amenés à rencontrer de plus en plus ce type de solutions. Une collaboration plus étroite entre BET thermique et acoustique est donc indispensable pour trouver des solutions conjointes et arriver à des résultats plus performants. Les tests réalisés en laboratoire montrent que cela est possible.

Enfin, le rôle des fabricants au niveau de la recherche et du développement d'études comparées acoustique/thermique est également d'une importance capitale pour fournir des outils aux prescripteurs pour les projets à venir.

Références

- [1] "Référentiel technique de certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau - Enseignement", *Certivea* (Août 2006 et erratum du 30 mars 2007).
- [2] "Référentiel technique de certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau - Enseignement", *Certivea* (2008).
- [3] Norme NF S31.080, "Acoustique – Performances acoustiques des bureaux et espaces associés - Classification et critères de qualité des ambiances acoustiques par type d'espace", *Afnor* (2006).
- [4] "Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments", *JORF n°121* (25 mai 2006).
- [4] "Arrêté du 3 mai 2007 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label «haute performance énergétique»", *JORF n°112* (15 mai 2007).
- [5] "Règles techniques de la marque Effinergie applicables aux bâtiments neufs", *Effinergie* (2009).
- [6] Verkammen M., Sheers T., "Absorption of open ceilings", *19th International Congress on Acoustics Madrid* (2007).
- [7] Peperkamp M., Verkammen M., "Thermally activated concrete slabs and suspended ceilings", (2009).
- [8] Jacques J., Ondet A.M., "Acoustique prévisionnelle intérieure", *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'I.N.R.S.*, NS0056 (1984).
- [9] "Determination of equivalent sound absorption area in a reverberation room according to ISO 354 – Ecophon Master solo S", *SP Technical Research of Sweden* (2008).