

Office **et** Culture

Le magazine de l'aménagement de l'espace de travail



Anthropométrie et ergonomie

Études de la position assise

Dalle, acoustique et thermique

Les termes de l'arbitrage



Bell et/ou Celsius ?

Inertie de dalle, acoustique et thermique

Les immeubles de bureaux sont traditionnellement à la fois gourmands en énergie et peu performants en matière acoustique car leurs concepteurs ont, généralement, été plus soucieux de respecter la réglementation que d'offrir un réel confort. Les enjeux environnementaux ont toutefois été remis au premier plan par le récent Grenelle. Dans les bureaux la réduction de la consommation énergétique va probablement se traduire par un emploi accru des techniques de régulation thermique. Le rafraîchissement peut, en effet, être obtenu en faisant emmagasiner puis restituer de la fraîcheur aux dalles de béton. Elles sont alors dépouillées des plafonds acoustiques qui les couvrent. Comment alors maintenir à un bon niveau à la fois le confort thermique et le confort acoustique ? Nous avons demandé à Pierre Chigot, architecte et développeur de concept chez Ecophon, de nous exposer les termes de cet arbitrage.

Le Code du travail ne spécifie rien de précis en matière d'acoustique dans les bureaux. En revanche deux autres documents, la Norme NF S31-080 et le référentiel HQE "Bâtiments tertiaires" (Cible 9, Acoustique) fixent les objectifs permettant d'assurer un confort acoustique aux utilisateurs. Ces deux référentiels spécifient trois valeurs de cibles à atteindre (Courant/Base, Performant et Très performant), mais restent muets quant aux moyens à mettre en œuvre pour les atteindre.

Décroissance spatiale ou aire d'absorption équivalente ?

La norme NF S31-080 associe des valeurs chiffrées aux principaux types de bruits et aux unités qui les mesurent. Pour la correction acoustique dans les espaces de bureaux ouverts la norme préconise une valeur de la *décroissance spatiale*. En effet le son décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de sa source. En champ

libre et sans obstacle, le son décroît de 6 dB à chaque fois que l'on double la distance à la source. Dans un espace ouvert il le fera plus vite si les parois du local sont absorbantes et si des écrans viennent faire obstacle à sa propagation. La norme stipule donc que pour une pièce de 250 m³ ou plus (soit environ 100 m²), la décroissance spatiale devra être de 3 dB au moins.

Le référentiel HQE exprime, lui, une valeur dite d'Aire d'absorption équivalente, pour le plafond et le sol. Elle est le produit de la surface du plafond (souvent équivalente à la surface du sol) par le coefficient d'absorption du produit utilisé pour le plafond (respectivement le sol). Pour atteindre le niveau *Performant*, cette valeur devra être de 0,6. Ce qui peut se traduire par 100% de la surface du plafond couverte par un matériau de coefficient d'absorption 0,6 (et un matériau presque intégralement réfléchissant au sol). Une autre traduction est de dire que 60% de la surface du plafond doit être couverte par un absorbant de coefficient 1 (avec toujours le même sol dur). Le décompte de surface doit prendre en compte l'emprise des cassettes d'éclairage et des systèmes de ventilation. Cette perte de surface est de l'ordre de 10 à 15%, et peut même être supérieure à 20% dans le cas de l'utilisation de poutres froides. En pratique, on sera plus souvent proche de cette deuxième configuration, surface disponible réduite compensée par la performance élevée du matériau, que de la première. (Pour des présentations complètes et détaillées des référentiels





- 1] Le projet 6ENERGY+, nouveau siège du Groupe Gamba et Associés à Toulouse. Gamba est un bureau d'études en acoustique. 6ENERGY + est un bâtiment à énergie positive. Il utilise, entre autres, panneaux solaires, puits canadien, et inertie thermique de la structure. Architecte : Philippe Vigneu, (Vignieu&Zilio Architectes) ; acoustique: Gamba ; thermique : Technisphère.
- 2] Exemple d'espace ouvert intégrant un traitement acoustique sur l'ensemble de la surface du plafond chez Carlson Wagonlit Travel, Paris ; Architecte Axiome, Entreprise Batitech (Photo : Patrick Salün).
- 3] Coupe sur le 6ENERGY+. Le projet est d'optimiser confort acoustique, confort thermique et confort visuel (vues extérieures grâce aux baies vitrées).

consulter les sites recommandés dans l'encadré *Pour en savoir plus*).

Le plafond, la surface la plus nue de la pièce (les murs comptent pour une faible surface dans un espace ouvert), a donc généralement la plus forte influence sur la propagation du son dans la pièce, et donc sur la valeur des indices. De surcroît les attentes des utilisateurs en matière de confort acoustique sont de plus en plus élevées, d'où le déploiement ces dernières années de plafonds à fort coefficient d'absorption et à "efficacité visible".

On considère en général que la consom-

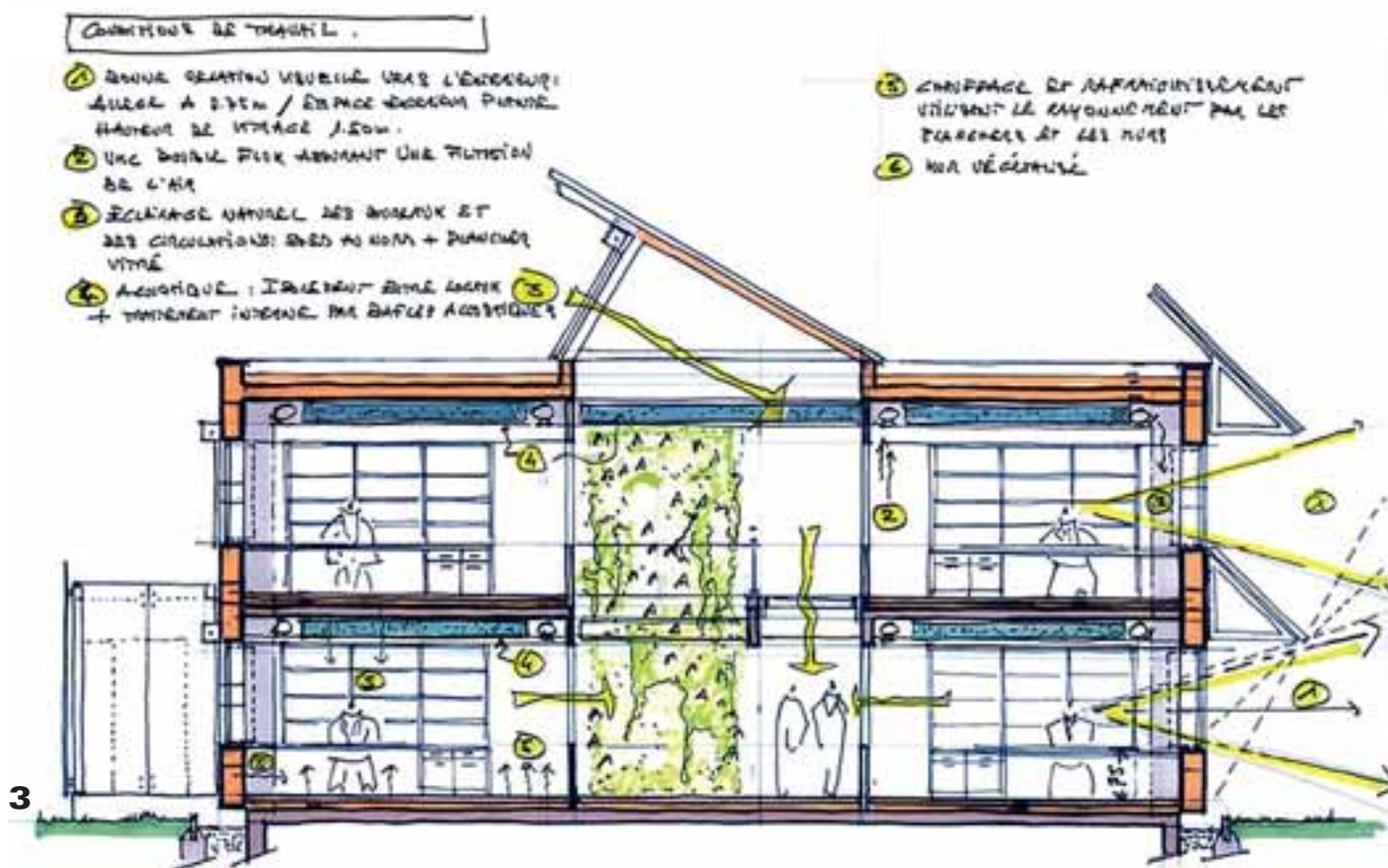
mation énergétique d'un immeuble de bureaux se répartit entre 40% pour les équipements de bureaux (ordinateurs, serveurs, copieurs, etc.), 40% pour l'éclairage et 20% pour la ventilation et la régulation thermique.

Apports gratuits et température de confort

Par ailleurs les attentes des utilisateurs évoluent. Aujourd'hui, chacun veut pouvoir contrôler la température de son local ou de son "coin" de local. La réglementation française vise une

température propre au bâtiment. Elle ne tient pas compte des apports caloriques, dits *gratuits*, générés par l'activité des utilisateurs et des équipements. Par nature, un immeuble de bureaux sera donc plus chaud que ce qui a été prévu lors de sa conception. Cette montée de température devra être compensée par un apport de froid (climatisation). L'enjeu thermique pour les immeubles de bureaux est donc de prévenir la surchauffe d'été en s'affranchissant autant que possible de systèmes gourmands en énergie comme les climatiseurs ou encore des systèmes automatisés qui contrôlent l'ambiance d'un local de manière rigide.

Donc, à priori, la réglementation française n'incite pas au développement des ➤



➤ techniques permettant d'obtenir un confort thermique sans utiliser ce que d'aucuns nomment l'*artifice* de la climatisation. Or, il est avéré qu'il est plus difficile et plus coûteux de produire du froid que du chaud. A 19° de température d'air ambiant, une personne assise et peu active physiquement aura froid. A 23°, une sensation de chaleur apparaît, et un mouvement d'air est nécessaire pour l'atténuer. La température de confort sera atteinte aux environs de 21°. Dans des bâtiments de bureaux très vitrés, et bénéficiant donc de beaucoup d'apports solaires, le but va être de maintenir une température dans le bâtiment qui soit proche de 21° de sorte à ne pas avoir besoin de climatisation. Ceci implique de rafraîchir le bâtiment de telle sorte qu'il emmagasine de la fraîcheur pendant la nuit, pour la restituer aux utilisateurs tout au long de la journée. Pour cela, il faut faire appel à l'inertie thermique du bâtiment, plus particulièrement à la masse de sa structure porteuse en béton.

Inertie thermique

En Europe le rafraîchissement d'été des immeubles de bureaux par mobilisation de l'inertie thermique de la dalle est maintenant généralement reconnu comme une technique efficace. Dénommée *concrete core activation* (activation de dalle), cette technique a connu un fort développement depuis une dizaine d'années aux Pays Bas et

en Allemagne. Ainsi, outre Rhin, presque un projet de construction de bureaux sur deux intègre à ce jour cette solution. La méthode consiste à abaisser la température de l'air de la pièce grâce à la paroi froide que constitue la sous face de dalle béton. Soulignons au passage que la technique n'a rien de véritablement nouveau, puisque l'architecture traditionnelle dans les régions chaudes et ensoleillées l'inclut depuis toujours : murs maçonnés épais, toitures lourdes en tuiles, ouvertures de petite taille pour minimiser les apports solaires. A priori, tout bâtiment de bureaux construit avec une structure lourde maçonnée a, en soi, un potentiel d'inertie thermique. Cette inertie intrinsèque à la structure peut ensuite être "dopée" au moyen de réseaux d'eau ou de fluides frigopORTEURS coulés en fond de dalle pour en augmenter l'efficacité. Le réseau de fluides est alors couplé à une source de fraîcheur comme le sol, la nappe phréatique ou un air plus frais. De fait, des coûts d'investissement relativement bas, une maintenance simple ainsi qu'un bon retour en termes de confort assurent la popularité de ces solutions.

Activation de dalle

Le principe même de l'activation de dalle induit que plus on laisse apparentes à l'intérieur des locaux les surfaces maçonnées et lourdes, mieux c'est pour la thermique. Ceci va malheureusement à l'encontre des solutions acoustiques

traditionnelles utilisées pour la correction acoustique des pièces (plafond acoustique déployé sur l'ensemble de la surface de la pièce, par exemple). En effet, de façon à assurer l'efficacité du système, une part importante du plafond doit être maintenue ouverte. Certains bureaux d'études thermiques vont jusqu'à soutenir que 60 à 70% de la surface du plafond doit être laissée découverte pour que le transfert calorique se fasse bien.

Une telle diminution de surface pour le traitement acoustique de la pièce peut difficilement être compensée. Ne restent en effet pour pallier cette perte que l'utilisation des éléments de mobilier ou des murs (mais leur surface est généralement loin d'équivaloir celle du plafond). Il est bien évident qu'un plafond de laine de verre (par ailleurs un excellent isolant thermique) couvrant uniformément une pièce fait obstacle aux phénomènes d'échange de chaleur aussi bien par convection que par rayonnement. Mais quelle serait l'incidence sur d'un plafond discontinu, morcelé en îlots flottants de petite taille sur les échanges thermiques entre sous face de dalle et pièce ? Pour mesurer l'efficacité d'une telle solution une campagne d'essais a été conduite à l'Institut de Recherche Suédois SP ("Influence des solutions acoustiques sur l'échange thermique et l'effet de rafraîchissement d'été"). Les mesures ont été faites suivant la norme EN 14240:2004 (Ventilation des

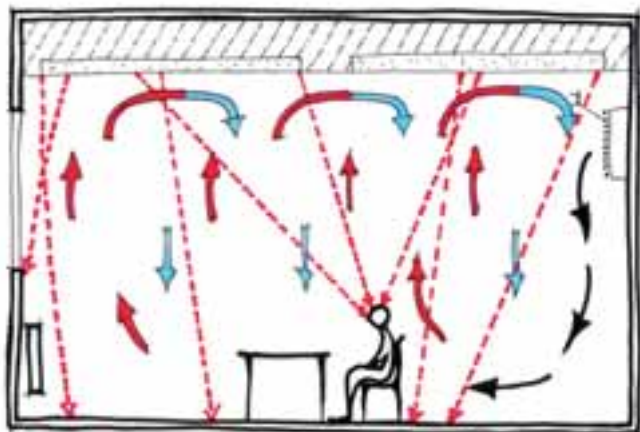


1] Espace ouvert de bureau utilisant la régulation thermique par activation de dalle. Siège de SAP Deutschland AG & Co.KG. Architecte : Emil Schweizer, Häußler GmbH Office Solutions, Acousticien : Manfred Finkenberger (Photo : Stefan Schilling).

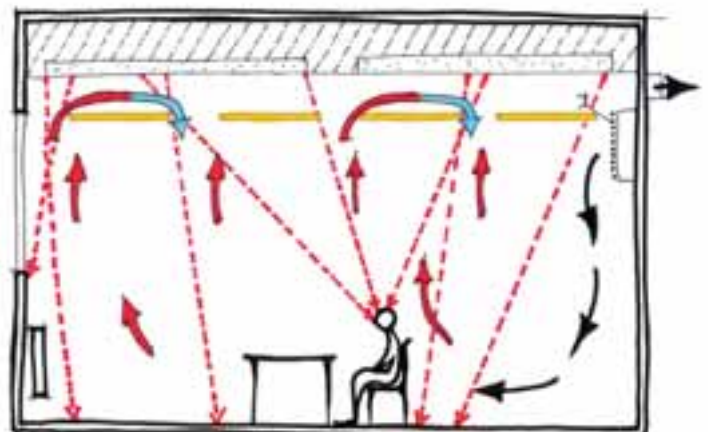
2] Schéma de contribution de l'inertie de la dalle béton au confort thermique d'été, principalement par convection et accessoirement par rayonnement. L'air chaud (en rouge) monte, se rafraîchit au contact de la sous face de dalle béton plus froide et redescend dans la pièce. Les lignes pointillées schématisent le rayonnement – Document Ecophon Group.

3] Schéma de principe d'interaction entre un plafond acoustique discontinu et les phénomènes d'échange thermiques. Les éléments acoustiques flottants espacés d'au moins 30 cm et suspendus d'au moins autant ne font que modérément obstacle à la convection – Document Ecophon Group.

4] Rapport d'Essais selon la norme EN 14240:2004 – "Ventilation des bâtiments – Plafonds refroidis – Essais et évaluation". On voit sur l'illustration les pièces gigognes permettant d'évaluer l'incidence des traitements acoustiques sur la performance thermique du système d'activation de dalle – Document Ecophon Group.



2



3

bâtiments – Plafonds refroidis – Essais et évaluation). La procédure de test mesure le temps mis par l'air d'un local à se mettre à température de l'air d'un local plus grand qui englobe le premier local. On compare alors les temps mis à atteindre cet équilibre avec et sans traitement acoustique. La différence est exprimée en pourcentage de temps supplémentaire.

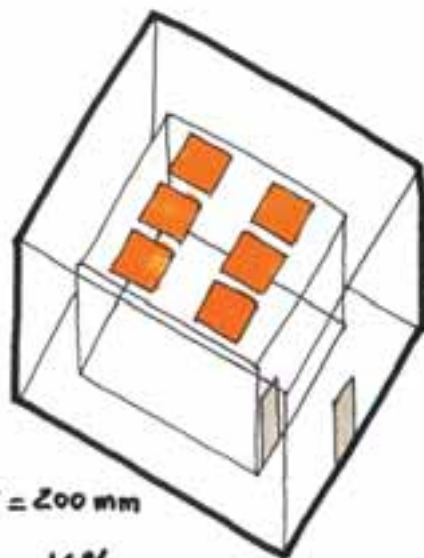
Deux configurations de traitement ont été testées : le même nombre d'éléments (6 éléments de 1,2 m x 1,2 m, soit 8,5 m², représentant environ 45% de la surface du local) a été suspendu à deux hauteurs différentes sous la dalle béton : 20 cm et 80 cm. On constate alors une baisse d'efficacité thermique du fait de

la présence des éléments acoustiques de 16% lorsque les éléments sont suspendus à 20 cm et de 12 % lorsqu'ils sont suspendus à 80 cm. Ces valeurs s'avèrent d'ailleurs être plus basses que les résultats de simulations virtuelles précédemment faites sur le sujet.

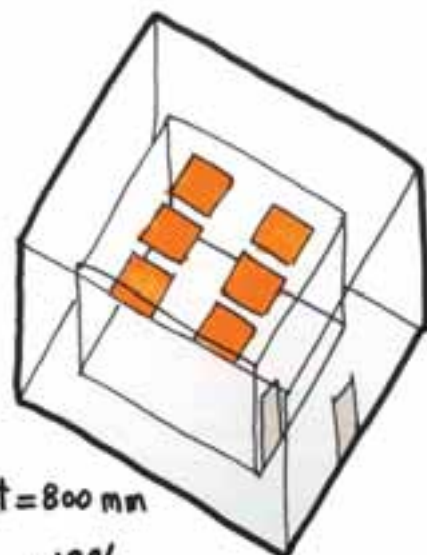
L'interprétation est que, plus l'élément acoustique est suspendu bas, plus la convection de l'air autour du panneau est facilitée. Selon le même principe l'énergie acoustique se répartit mieux autour du panneau. La face arrière (celle qui fait face au plafond) travaillant plus, la performance totale du panneau est plus élevée. En effet, la performance acoustique des éléments flottants dépend principalement de la hauteur

de suspension et de la distance entre panneaux : un panneau trop près de la dalle ne travaille que sur une face et deux panneaux trop proches l'un de l'autre se gênent puisque l'énergie acoustique ne pourra pas correctement se distribuer autour des panneaux.

Les solutions acoustiques flottantes horizontales font modérément obstacle à l'échange thermique de la pièce car celui-ci se fait surtout par convection, et accessoirement par rayonnement. Cette hypothèse est corroborée par les tests sur une configuration dans laquelle les absorbants sont disposés en bandes verticales (baffles). Dans ce cas, pour une même quantité totale de matériau, l'incidence de ces >



Hht = 200 mm
-16%



Hht = 800 mm
-12%

4

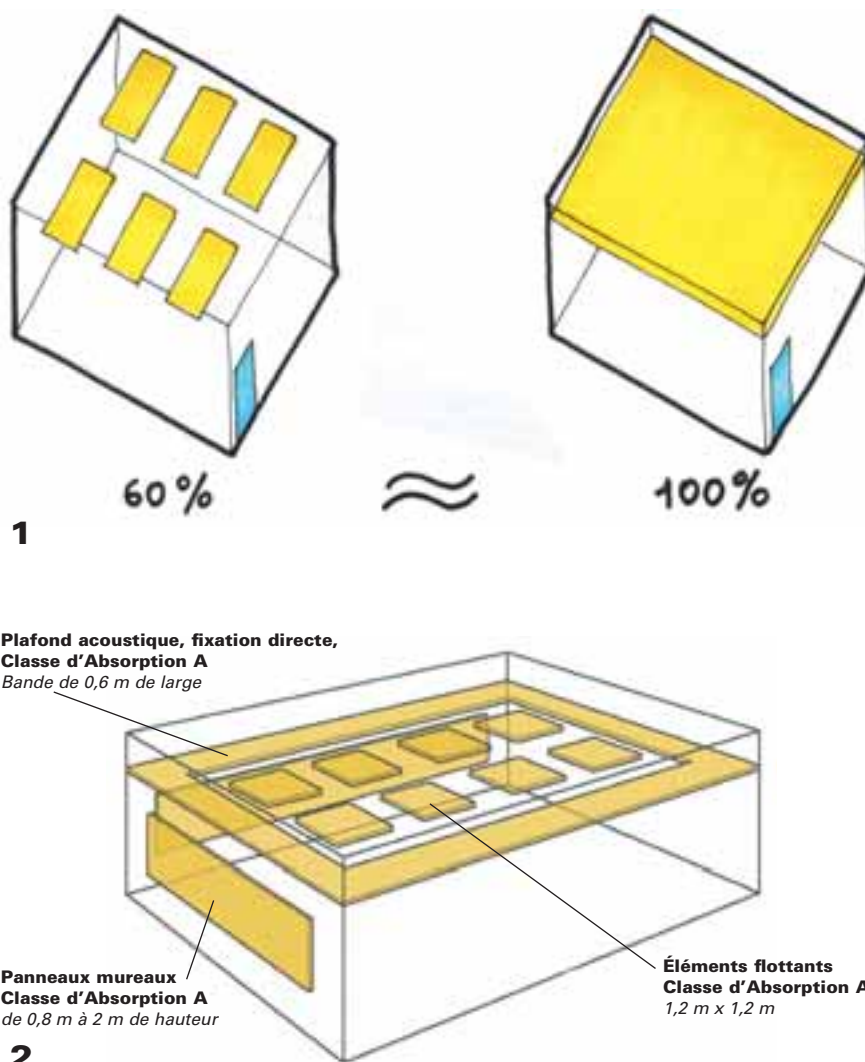
baffles sur l'échange thermique est à peine moindre que dans le cas des éléments horizontaux. Le rendement du système d'activation de dalle peut être aussi considérablement impacté par l'adjonction de systèmes tels que le refroidissement de la structure pendant la nuit, des réseaux de fluide noyés sous la surface du béton, etc.

Il est donc possible d'obtenir un confort acoustique satisfaisant dans les bureaux où le confort thermique est résolu (totalement ou partiellement) par mobilisation de l'inertie de la dalle béton.

Au-delà de ces principes, chaque projet de bureau reste unique. Les critères de confort devront être validés par les utilisateurs et les concepteurs d'espaces, et interprétés et traduits par les experts thermiciens et acousticiens. Pour cela, il faut que les différents points de vue puissent être confrontés très tôt dans le projet, idéalement dès le stade de la programmation. C'est à cette condition que pourra se faire un arbitrage éclairé. ■

Pierre Chigot

pierre.chigot@saint-gobain.com



1 Comparaison de la contribution de panneaux acoustiques flottants et d'un plafond acoustique traditionnel fait du même matériau et couvrant 100% de la surface d'une pièce (valeur théorique). Dans le cas où les panneaux flottants couvrent ensemble l'équivalent d'environ 60% de la surface du plafond, on peut considérer que les conditions acoustiques sont pratiquement équivalentes du cas du plafond couvrant – Document Ecophon Group.

2 Principes de solutions acoustiques pour bâtiments à activation de dalle : panneaux absorbants muraux, petits éléments flottants en partie centrale ainsi qu'une bande de matériaux absorbants fixée directement sous la dalle au pourtour de la pièce. Etant donné que les surfaces disponibles pour les traitements acoustiques sont réduites, il est important que la plus haute performance disponible soit utilisée (Classe d'Absorption A, selon la norme NF EN 11654) – Document Ecophon Group.

A PROPOS DE PIERRE CHIGOT

40 ans, architecte DPLG, cursus complémentaire en Design Management, Pierre Chigot est membre depuis 2002 de la commission AFNOR S30D "Acoustique des lieux de travail". Il est depuis 2006 Chef de Projet de la Norme "Acoustique des Bureaux ouverts", et membre du groupe de référence "Acoustique et Développement Durable" CSTB/Certivea (2007 -).

Pierre Chigot est *Concept Developer-Bureaux* chez Ecophon France depuis 2006. L'auteur souhaite remercier Damien Mayaud, d'Arcoba, pour ses suggestions.

A PROPOS D'ECOPHON

Ecophon est une société du Groupe Saint-Gobain. Saint-Gobain comprend cinq branches distinctes spécialisées respectivement dans le verre, la distribution de matériaux de construction, les matériaux destinés à la haute technologie, le packaging et les produits de construction. Ecophon fait partie de la branche Isolation dans le secteur des produits de construction. Le Groupe Ecophon dispose de cinq usines en Europe et emploie au total près de mille personnes.

POUR EN SAVOIR PLUS

Sur la norme NF : www.afnor.org

Sur le référentiel HQE : www.certivea.fr

Sur les bureaux, l'acoustique, le confort etc. : www.acousticbulletin.com/FR

Sur Ecophon : www.ecophon.fr