



*Dr Florentzos Florentzou
Ingénieur
Estia SA, EPFL
Lausanne, Suisse*

Astuces de physique du bâtiment : recommandations pour une rénovation sans dégâts

Astuces de physique du bâtiment : recommandations pour une rénovation sans dégâts

Lorsque nous baissons la consommation d'un bâtiment à 40 kWh/m²a (ou 70 dans une rénovation) les problèmes à affronter en tant que professionnels du bâtiment sont différents de ceux que nous avons eu à résoudre dans notre pratique antérieure. Beaucoup de réflexes, de règles du pouce, de recommandations standardisées ne sont plus d'actualité. Quand nous rénovons MINERGIE, nous n'avons plus les problèmes de condensation, de qualité de l'air, les risques de moisissure, soucis principaux lors d'une rénovation ordinaire. Dans ce nouveau contexte, les problèmes qui prennent le devant de la scène du processus de conception sont la gestion des gains solaires en hiver comme en été, la régulation fine des paramètres, pour gagner les derniers pourcentages possibles dans le rendement des installations, la gestion des contraintes qui rendent la conformité au label difficile. Dans cet exposé nous analyserons ces questions et donnerons quelques astuces pour trouver des solutions convenables.

Gestion de gains solaires en hiver

Observations

Lorsque nous réduisons les pertes d'énergie par l'enveloppe, l'apport solaire devient un très grand contributeur de chaleur proportionnellement à la chaleur fournie par les installations techniques. Sur la figure 1, nous pouvons quantifier l'énergie fournie et les pertes d'un bâtiment résidentiel avant et après rénovation (calcul effectué avec le logiciel EPIQR [EPIQR 2002]). L'utilisation des 150 MJ/m²a de gains solaires représente 15% de l'énergie fournie pour chauffer le bâtiment. Une fois les fenêtres remplacées par des nouvelles avec un coefficient U de 1.2 W/m²a, la façade, la toiture et la dalle vers le sous-sol isolées, la ventilation contrôlée à 0.3 h⁻¹ et la chaudière remplacée avec une chaudière à gaz à condensation, les 150 MJ/m²a de gains solaires représentent 42% de l'énergie (plus que l'énergie fournie par le gaz).

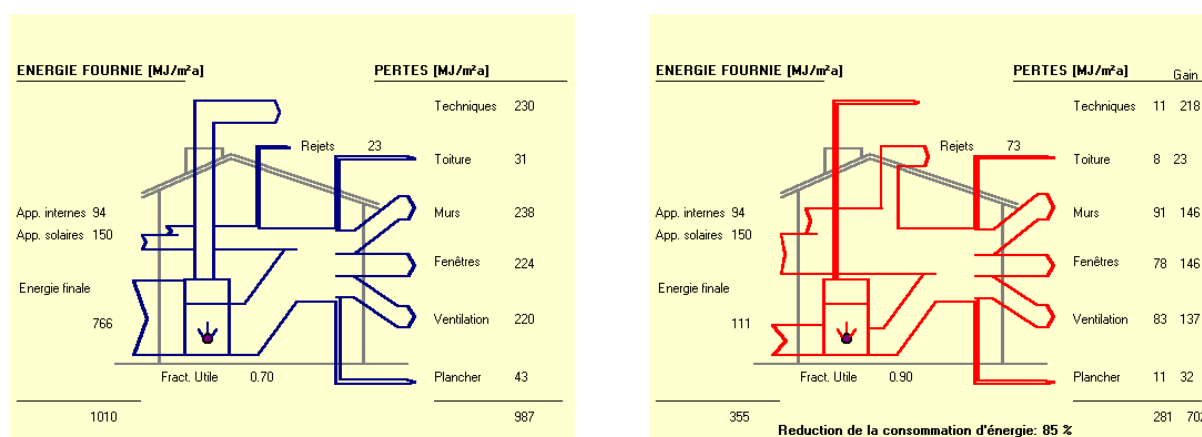


Figure 1: Energie fournie et pertes avant et après rénovation pour un bâtiment résidentiel selon la méthode EPIQR

Dans les calculs, nous mettons par défaut pour les gains solaires un facteur de voilage de 10%. Nous supposons que les utilisateurs ouvrent les volets ou les stores pendant la période de chauffage et que l'ombrage ne dépasse pas 10% pendant la période d'ensoleillement. Cette hypothèse de calcul est peut être vraie pour les villas et les bâtiments résidentiels, mais, pour les bâtiments de bureaux, tout dépend de la proportion de la surface vitrée de la façade et de la nature du travail de bureau que font les occupants.

Dans la figure 2 nous pouvons remarquer le facteur de voilage d'un bâtiment administratif le 24 et le 27 février à 10h du matin. Le premier est un jour ensoleillé et le deuxième un jour voilé. Sur cette figure nous pouvons constater que les utilisateurs ne lèvent pas leur store pour profiter pleinement de la chaleur gratuite du soleil. Ils ne les lèvent même pas pour profiter de la lumière naturelle gratuite un jour couvert où le soleil ne provoque pas d'éblouissements sur les écrans.

Dans le bâtiment de la figure 2, les 150 MJ/m²a de gains solaires que le logiciel de calcul de bilan thermique compterait ne sont jamais réalisés parce que les utilisateurs laissent leurs stores toujours à la même position (comme observé sur les photos, plutôt en position baissée). Ce comportement des occupants est dû, soit à la paresse de remonter le store, soit à la vacuité des bureaux, soit à la gêne due à l'éblouissement. Lorsque la chaleur à fournir au bâtiment est de 1000 MJ/m²a, les 150 MJ/m²a de gains solaires ne représentent que 15%. Si nous perdons plus de la moitié de ces gains à cause des stores baissés, les 75-100 MJ/m²a sont quantité négligeable par rapport à la chaleur fournie par la chaudière. Mais lorsque la chaleur à fournir au bâtiment est de 350 MJ/m²a, la perte de 75-100 MJ/m²a de gains solaires sont du même ordre que les 110 MJ/m²a fournis par la chaudière (figure 1).



Figure 2: Utilisation des stores d'un bâtiment des bureaux. A gauche, 24 février 2003, jour ensoleillé, à droite, le 27 février, jour voilé. Les gains solaires comptabilisés dans un bilan thermique ne seront jamais réalisés et l'indice de dépense d'énergie réel sera supérieur à l'indice prévisionnel.

Solutions

Stores intérieurs

La solution classique pour réaliser plus de gains solaires dans les locaux administratifs et dans les écoles est bien connue par les professionnels du solaire. C'est l'installation de stores intérieurs en plus des stores extérieurs. Cette mesure ne contribue pas seulement au doublement des gains solaires mais elle améliore également le confort visuel des utilisateurs. Les stores intérieurs sont utilisés en hiver pour maximiser les gains et les stores extérieurs en été pour les minimiser.

Régulation des stores en absence des occupants

Une autre solution est la régulation automatique des stores. Selon plusieurs expériences, cette mesure est très mal acceptée par les utilisateurs. Cela les agace, les déconcentre et s'ils ont une marge de manœuvre pour neutraliser le système automatique, ils le font.

Pour pallier ce problème il y a deux solutions. La première est très simple et elle a été testée par Bauer [Bauer 1998]. Il s'agit d'optimiser la position des stores quand les utilisateurs sont absents du bureau. Une simple horloge peut fermer les stores à 19 h et diminuer ainsi les déperditions de chaleur par les fenêtres en période de chauffage. A 7h du matin les stores sont de nouveau mis en position haute. Les utilisateurs gênés par le soleil ou la lumière les descendront. Si le soleil n'est pas trop fort, ou que les utilisateurs sont absents le matin, ainsi que pendant le week-end, les stores restent ouverts et le bâtiment bénéficie des gains solaires sans pour autant entraver la liberté des utilisateurs. Toujours selon Bauer, cette mesure a apporté un gain de 23% à un bâtiment basse consommation orienté sud (passé d'un indice de besoins de chaleur de 119 MJ/m²a à 92 MJ/m²a]. Cette valeur est cohérente avec l'analyse qualitative faite précédemment. A noter que selon la même étude, une optimisation avancée de la régulation de chauffage pour utiliser judicieusement l'inertie thermique du local, en combinaison avec l'optimisation des stores, peut réduire encore la consommation, jusqu'à 49 MJ/m²a.

Une régulation qui s'adapte à l'occupant

La deuxième solution de régulation est une solution high-tech, testée par Guillemain [Guillemain 2003]. Il s'agit de mettre en place une régulation qui "apprend" et s'adapte au comportement de l'utilisateur. Le prototype de recherche a été testé au Laboratoire d'Energie Solaire de l'EPFL. Le degré de rejet est de 5% au lieu de 25% pour le rejet d'une régulation automatique avancée qui optimise simplement la position des stores en présence des occupants. Les économies réalisées sur le même bâtiment basse consommation sont de 26%. Cette solution innovante en est en ce moment au stade de prototype de recherche.

Gestion de gains solaires en été

Observations

Nous avons observé en été le même problème qu'en hiver, dans le sens inverse. Les utilisateurs descendent les stores à moitié lorsqu'ils sont présents, ou ils les laissent ouverts pendant leur absence (figure 3). La conséquence de cette façon d'utiliser les protections solaires est de faire exploser les gains solaires. Ce problème peut être très grave pour des bâtiments très vitrés ou légers.



Figure 3: Utilisation des stores sur une façade Est un jour couvert de septembre à 9:40 (gauche) et un jour ensoleillé à 11:30 (droite). Si nous comptons les stores ouverts, l'efficacité de la protection solaire est de moins de 75%. En comparant la position des stores un jour voilé et un jour ensoleillé, nous pouvons constater que le rayonnement solaire n'est pas le paramètre prédominant qui motive les occupants à changer la position du store.

Deux conséquences de ce comportement intéressent ceux qui veulent réaliser des bâtiments MINERGIE. Les stores baissés pendant les jours voilés avec les luminaires allumés (figure 4) rendent le respect de la norme SIA 380/4 difficile dans les faits. Les stores non baissés, ou baissés à moitié, provoquent des surchauffes avec comme conséquence l'installation sauvage de climatiseurs individuels, ce qui augmente sensiblement la consommation d'électricité.

La personne du bureau à droite (orientation Ouest) de la figure 4 se plaint d'avoir passé tout l'été enfermée derrière ses stores pendant qu'il faisait beau dehors. L'intention de l'architecte en faisant de bureaux très vitrés était de faire profiter le bâtiment de la vue et de la lumière naturelle. Mais trop de lumière naturelle nuit à la lumière naturelle.



Figure 4: Lorsque les occupants ont peu de marge de manœuvre pour régler finement leurs stores, ils préfèrent les laisser baissés tout le temps, même pendant les jours voilés, et allumer la lumière.

Les occupants du bureau de la figure 5 n'ont pas pu supporter la canicule de l'été 2003 et ont installé un climatiseur individuel.



Figure 5: Les occupants du bureau ont installé un climatiseur individuel pour supporter la canicule de l'été 2003.

Solutions

Stores malins

L'utilisation de stores perforés ou inclinés différemment sur la partie haute de l'ouvrant (figure 6) diminue le besoin d'allumer les luminaires pendant les heures non ensoleillées dans un local avec des stores fermés. "



Figure 6: Les stores de la façade de la nouvelle partie de l'EPFL donnent la possibilité à l'occupant d'utiliser les lamelles du haut différemment des lamelles du bas. La lumière du haut gêne beaucoup moins le travail sur ordinateur. Ce système limite l'utilisation de l'éclairage artificiel lorsque les stores sont baissés

Couleurs et aménagements intérieurs judicieusement choisis

Dans le cadre de la rénovation, on pense souvent que la marge de manœuvre pour augmenter l'autonomie en lumière du jour par des mesures architecturales est maigre. Ceci est vrai en ce qui concerne l'orientation du bâtiment et la taille des ouvrants. En revanche, l'architecte peut influencer sur l'autonomie en lumière du jour par le choix de la couleur des surfaces intérieures. Dans l'exemple de la figure 6, simulé avec le logiciel DIAL-Europe [Dial-Europe 2003], seul le choix de couleurs claires change l'autonomie moyenne en lumière du jour de 45% à 64%.

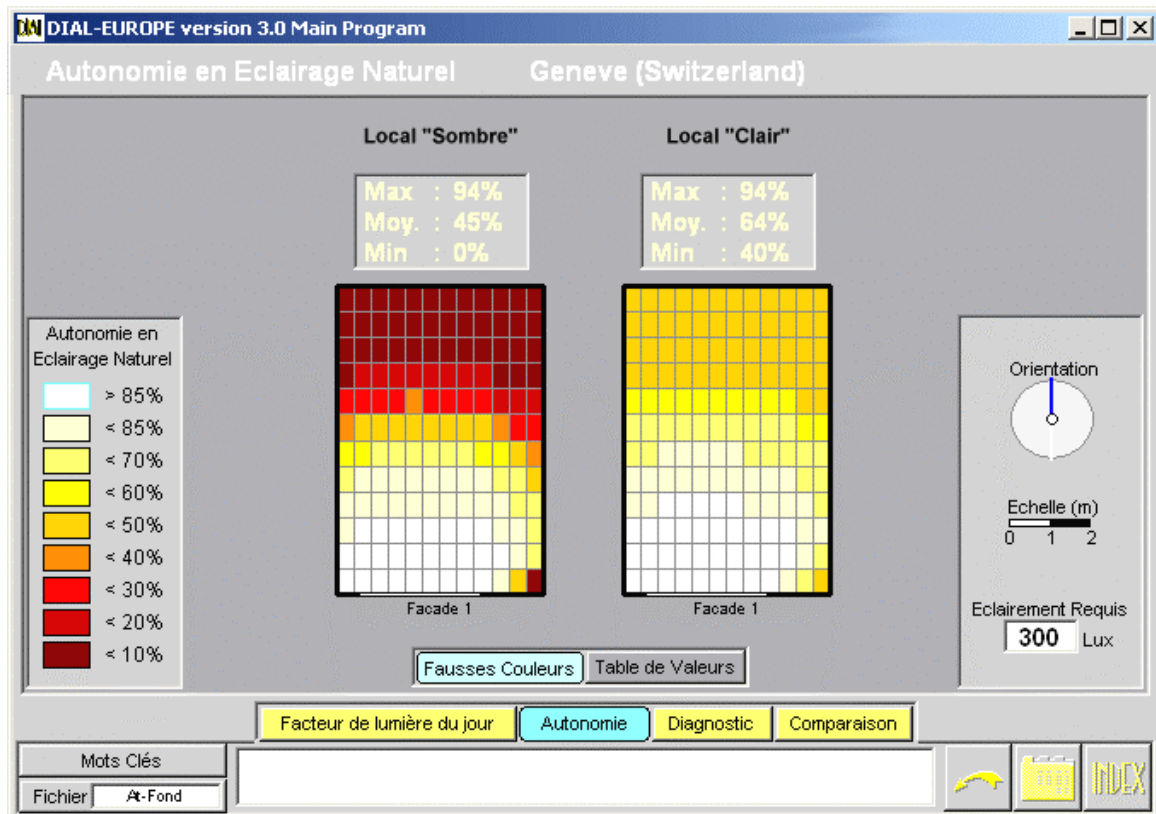


Figure 7: Autonomie en éclairage naturel d'une pièce de bureaux orientée plain sud à Genève. Dans le local "sombre" les facteurs de réflexion sont {Sol : 0.10 - moquette grise, Murs : 0.25 - brique ou béton apparent, plafond : 0.65 - faux plafond acoustique} et dans le local "claire" {Sol : 0.25 - parquet de chêne ou moquette gris clair, Murs : 0.55 - enduit blanc cassé, Plafond : 0.75 - peinture blanche}. La simulation est effectuée avec le logiciel DIAL-Europe [DIAL-Europe2003].

L'exploitation du bâtiment peut renforcer les économies réalisées par le choix judicieux des matériaux de revêtement. L'utilisateur qui occupe le local de la figure dispose d'une autonomie en lumière naturelle de <10% dans le local "sombre" et de <50% dans le local "clair" s'il installe son bureau au fond de la pièce. En revanche, il aura 40-85% dans le local sombre et 60-94% dans le local "clair" s'il installe son bureau au milieu de la pièce. Une orientation du bureau de manière à éviter les éblouissements apportera non seulement du bien être à l'utilisateur mais, comme il sera moins gêné, il baissera moins les stores et profitera plus de la lumière naturelle, donc il influencera positivement les économies d'énergie pour l'éclairage.

Régulation intelligente

Pour les stores laissés en partie ou complètement ouverts, une régulation qui fonctionne de façon similaire à celle décrite pour l'hiver gère les stores pendant l'absence des occupants. Ainsi, les stores du côté Est sont baissés avant que les utilisateurs arrivent dans le bureau, pour supprimer les gains solaires de 5 à 8h du matin. Cette régulation évite aussi les gains solaires dans les bureaux inoccupés car les stores ne restent pas dans la position choisie par les utilisateurs la veille. De même, la régulation baisse les stores du côté Ouest à midi, lorsque les utilisateurs sont en principe absents. Cette action évitera les gains solaires dans les locaux communs où personne ne s'occupe des stores, dans les locaux où l'occupant est absent l'après-midi et dans les locaux où l'utilisateur agira trop tard pour baisser les stores (il agit une fois qu'il a trop chaud). Le contrôleur lèvera les stores le soir pour maximiser les pertes de chaleur pendant la nuit.

Interventions sur l'enveloppe

Dans une rénovation, l'architecte est souvent appelé à intervenir fortement sur l'enveloppe, soit pour poser une double peau afin de résoudre des problèmes de bruit ou de ponts thermiques, soit pour créer des atriums afin d'unifier deux espaces, soit pour créer des vérandas ou des jardins d'hiver.

Une telle opération n'a pas seulement des répercussions sur l'isolation thermique et acoustique du bâtiment. Elle aura surtout des répercussions sur les gains solaires et sur les chemins de l'air dans le bâtiment. La première catégorie de répercussions réduit la consommation d'énergie en hiver et le niveau des nuisances du bruit extérieur. La deuxième catégorie peut être catastrophique pour le confort d'été. MINERGIE ne s'occupe pas directement du confort des occupants. Le bon confort d'hiver dans une rénovation MINERGIE est une conséquence implicite qui résulte des exigences du label qui poussent à une réalisation de qualité. Néanmoins, une rénovation peut toujours être MINERGIE tout en dégradant fortement le confort d'été. La dégradation du confort aura malheureusement aussi des conséquences sur la consommation d'énergie. Pour les mêmes raisons expliquées dans le cas d'une mauvaise gestion des stores, les utilisateurs installeront des climatiseurs.

Observations

Lors du rajout d'une verrière sur un immeuble, le système de pressions va complètement changer dans tout le bâtiment. Certaines zones aérodynamiques seront reliées entre elles, l'équilibre entre les ouvrants donnera un autre niveau de pression neutre, la pression par effet de cheminée variera selon la hauteur de la verrière, le chemin qu'empruntera l'air pour entrer et sortir dans le bâtiment se modifiera.

Dans le bâtiment de la figure 8, la verrière du milieu, relie deux bâtiments pour procurer une entrée commune. Cette opération, en plus de tous les avantages liés à l'utilisation de l'espace, diminue les pertes d'énergie par m² de surface habitable et offre au bâtiment beaucoup de gains solaires en hiver. Après la rénovation, une ventilation double flux récupère la chaleur et utilise les gains au maximum. Le concept thermique fonctionne très bien en hiver, comme prévu lors de la planification, et il a fait économiser beaucoup de mégajoules au bâtiment. En été cependant, la verrière crée une surchauffe. Bien qu'elle soit pourvue de vitrages réfléchissants, la protection solaire n'est pas suffisante. Comme la verrière relie les zones aérodynamiques de tous les étages du bâtiment de droite, la chaleur accumulée affecte surtout les locaux du dernier étage, qui se situe en dessus du niveau neutre du bâtiment. La ventilation de nuit, par le système double flux, n'est pas suffisante pour refroidir le bâtiment (pour un refroidissement nocturne significatif il faut 5-10 renouvellements d'air au lieu de 1 fourni par la ventilation mécanique). Les climatiseurs individuels installés au dernier étage pour faire face à la surchauffe neutralisent les gains d'énergie que le concept apporte en hiver.



Figure 8: La verrière qui relie les deux bâtiments en créant un espace d'entrée modifie le système de pressions du bâtiment. Dans une telle opération il ne suffit pas d'étudier le concept thermique d'hiver mais aussi celui de l'été et de la mi-saison.

Un autre grand changement de l'enveloppe modifie fondamentalement les mouvements d'air et le bilan de gains solaires : l'installation d'une double peau. La mise en place d'un verre devant la peau du bâtiment a des conséquences beaucoup plus importantes que l'isolation thermique et acoustique qu'elle procure. Si une double peau enveloppe les 4 façades du bâtiment elle ne laisse aucune entrée d'air par les fenêtres. Certes le bâtiment peut être ventilé mécaniquement, mais il est bien établi que le BSI ("Building Syndrom Index" – indice du syndrome du bâtiment malsain) des bâtiments où les occupants ne peuvent pas ouvrir la fenêtre est plus élevé que pour les bâtiments avec fenêtres ouvrantes [Roulet et al.1996]. Ensuite, selon le concept de la double peau, la couleur du vitrage, la présence ou non de contrecœur, l'espace du canal, la taille et la position des ouvertures de ventilation du canal, l'interaction avec la peau intérieure, la couleur des stores etc., l'air dans le canal peut surchauffer entre 35 et 55 °C. Si cette chaleur n'est pas correctement canalisée, elle peut constituer une enveloppe "infernale" pour le bâtiment.

La surchauffe estivale n'intéresse pas directement MINERGIE. Si aucune étude thermique n'est entreprise pour le confort d'été, le bâtiment obtiendra le label sans aucun problème. Le préjudice pour le label se manifestera l'été suivant la mise en service avec le risque d'installation sauvage de climatiseurs individuels. Dans un bâtiment climatisé, le problème se percevra à la consommation réelle du système de climatisation.

La deuxième conséquence grave est le renoncement au label MINERGIE à la phase de planification si une étude simule le comportement thermique des locaux et de la double peau et démontre la nécessité d'une climatisation. Dans ce cas, les besoins d'énergie pour le froid rendent souvent le respect des exigences MINERGIE impossible. Souvent, le choix architectural et les exigences strictes sur les températures intérieures en été l'emportent sur le choix du label.

Solutions

Il n'y a pas de recettes ou d'astuces applicables dans tous les cas. La complexité de chaque projet de double peau ou d'atrium nécessite une étude détaillée des mouvements d'air et du confort thermique d'été. Voici néanmoins quelques recommandations générales.

1. Si il y a une double peau, une verrière ou un atrium, l'étude du confort d'été est indispensable et elle doit commencer très tôt dans la phase de l'avant projet.
2. L'étude thermique ne peut être limitée à celle d'une coupe de la double peau ou d'un local isolé. Il faut examiner les répercussions sur tout le bâtiment. L'étude commence souvent par la délimitation des zones aérauliques, l'analyse de chacune d'elles séparément et avec leurs interactions.
3. Utiliser d'abord tout le potentiel de protection solaire et de réduction des gains internes. Ensuite, faire appel à la technique de refroidissement nocturne [Roulet et al. 1997]. Une fois que tout le potentiel passif épuisé, si un niveau de confort convenable ne peut pas être atteint, examiner la possibilité d'utiliser la fraîcheur géothermique, surtout s'il y a déjà des sondes pour la pompe à chaleur. Enfin, examiner la possibilité de la climatisation qu'une fois tout le potentiel naturel est épuisé.
4. La ventilation mécanique n'apporte qu'un potentiel de refroidissement négligeable (avec 70 m³/h nous ne pouvons extraire d'un local qu'environ 200 W de chaleur). Le puits canadien ne sert donc pas à refroidir le local mais à offrir une ventilation suffisante pendant les heures de canicule pour permettre aux occupants de travailler la fenêtre fermée.
5. Privilégier une double peau qui permet une ouverture des locaux vers l'extérieur ou qui ne couvre qu'une ou deux des façades du bâtiment afin de permettre l'entrée d'air dans le bâtiment par les autres.

Dans l'exemple du paragraphe précédant, figure 8, un concept de refroidissement nocturne aurait pu atténuer le problème de surchauffe et diminuer le besoin d'installer des climatiseurs. Après rénovation, ce système est impossible à imaginer sans frais excessifs.

Dans l'exemple de la double peau du bâtiment de la figure suivante, (figure 9), une double peau protège le bâtiment des fortes nuisances de la route. L'équipe de conception a tenu compte du climat de chaque zone et pas seulement de la double peau. Le chemin de l'air a été étudié dans tout le bâtiment et les ouvrants ont été dimensionnés pour canaliser l'air chaud vers les espaces hauts des coursives non occupés (zones 3 et 4). Une ventilation nocturne refroidit les espaces de circulation protégés du soleil pour créer des îlots de fraîcheur (zones 1 et 2). La ventilation des appartements qui se trouvent derrière l'écran de chaleur de la double peau (derrière les zones 3 et 4) ne sont pas isolés de l'extérieur. Ils bénéficient du traitement différencié de chaque façade et ont accès à l'air libre par la cour arrière du bâtiment.

C'est un bon exemple de double peau. Nous pouvons très facilement nous en imaginer un mauvais en pensant au même bâtiment mais avec toutes les façades traitées sans différenciation (beaucoup de personnes aiment les cubes en verre sans rien qui dépasse). Dans ce cas, le bâtiment serait enveloppé d'air chaud en été (surtout les derniers étages) et les appartements n'auraient pas accès à l'air libre de la cour arrière comme c'est le cas actuellement. La surchauffe serait garantie.

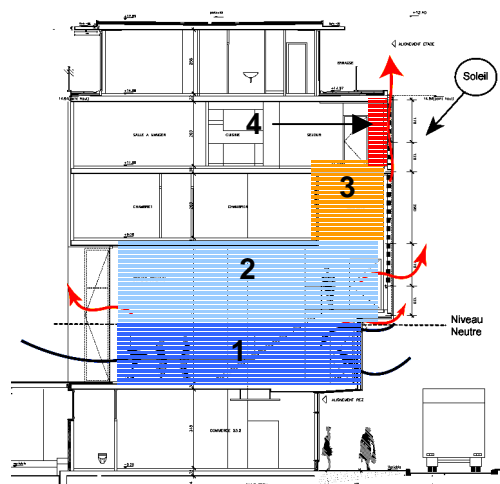


Figure 9: Dans le projet de la double peau de ce bâtiment d'habitation, l'étude thermique d'été ne s'est pas seulement limitée au canal de la double peau mais toutes les zones de circulation ont été utilisées judicieusement pour faire circuler l'air de manière optimale pour le confort des occupants. L'air chaud du bâtiment est canalisé vers les zones non occupées (3 et 4) et les appartements isolés de l'extérieur par l'écran d'air chaud peuvent être ventilés par les fenêtres de la façade opposée à la double peau. (Immeuble d'habitation Ilot Floquet, Chêne Bourg, www.brs-architectes.ch).

Une ventilation douce contrôlée...

MINERGIE exige une ventilation contrôlée. Beaucoup de personnes confondent ventilation contrôlée et ventilation mécanique ou ventilation contrôlée et ventilation double flux. Un système de ventilation peut être mécanique et contrôlé sans récupération de chaleur (simple flux). Mais il peut être mal contrôlé avec récupération de chaleur (double flux). Nous pouvons également disposer d'une ventilation naturelle contrôlée ou non contrôlée. Il existe même de systèmes novateurs de ventilation naturelle avec récupération de chaleur.

Observations

Cet amalgame entre ventilation contrôlée et ventilation double flux peut conduire à deux effets néfastes pour les bâtiments rénovés MINERGIE:

1. Certaines rénovations ne permettent pas la mise en place d'une ventilation double flux parce que la configuration architecturale empêche l'installation de conduites d'amenée d'air. Certains architectes ou maîtres d'ouvrage rejettent pour des raisons personnelles le système double flux (méfiance à l'air confectionné, choix d'une architecture sans technique, coûts d'investissement etc.). Ceux qui renoncent à la ventilation double flux, s'ils font l'amalgame entre ventilation contrôlée et ventilation double flux, renoncent également au label MINERGIE sans savoir qu'ils peuvent répondre aux exigences du label par d'autres moyens qu'en utilisant ce système de ventilation.
2. En considérant la ventilation double flux comme la panacée, les concepteurs ne prennent pas assez de précautions pour la mettre en place correctement. Sur la figure 8 on voit le schéma d'une centrale de traitement d'air avec pulsion – extraction et récupérateur rotatif. Dans la zone ventilée, en plus de l'air pulsé et extrait par le système, il y a de l'air infiltré ou exfiltré sans passer par la centrale de traitement d'air, donc de la chaleur non récupérée et de l'air non réchauffé. En plus, la recirculation dans le récupérateur rotatif et les courts circuits entre l'entrée et la sortie induisent un recyclage des impuretés. Le problème de la recirculation des polluants est particulièrement grave lorsque l'on connecte les hottes de cuisine dans le système de récupération (graisses et odeurs de cuisine).

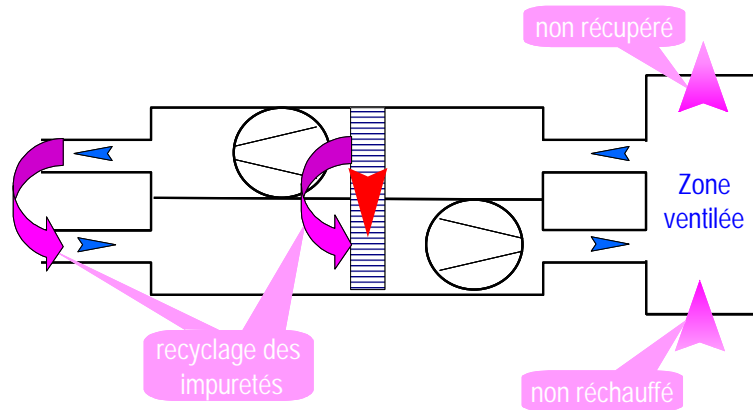


Figure 10: Une centrale de traitement d'air pulse et extrait de l'air dans la zone ventilée. Dans un système idéal, toute la quantité d'air (ou presque) traverse le récupérateur de chaleur. Dans un système réel, il y a des infiltrations d'air parasites qui ne seront pas chauffées et des exfiltrations qui ne seront jamais récupérées. De plus, il y a du recyclage des impuretés dans le récupérateur rotatif ainsi qu'à l'entrée et à la sortie d'air de la centrale.

Il est très difficile de quantifier ces débits d'air parasites et seule la méthode qui utilise des gaz traceurs peut donner des résultats fiables. Le laboratoire d'Energie Solaire de l'EPFL a effectué cette expérience lourde sur 12 installations et comparé le rendement réel de récupération avec le rendement nominal du récupérateur (en tenant compte des flux d'air parasites et de l'énergie auxiliaire pour faire circuler l'air). Les installations mesurées sont toutes en bon état et bien entretenues.

Sur la figure 11, les résultats montrent que certaines installations consomment plus d'énergie qu'elles n'en récupèrent. Sur les 12 installations, dont 3 en Allemagne, seules deux obtiennent un rendement réel au-delà de 85% de l'efficacité nominale.

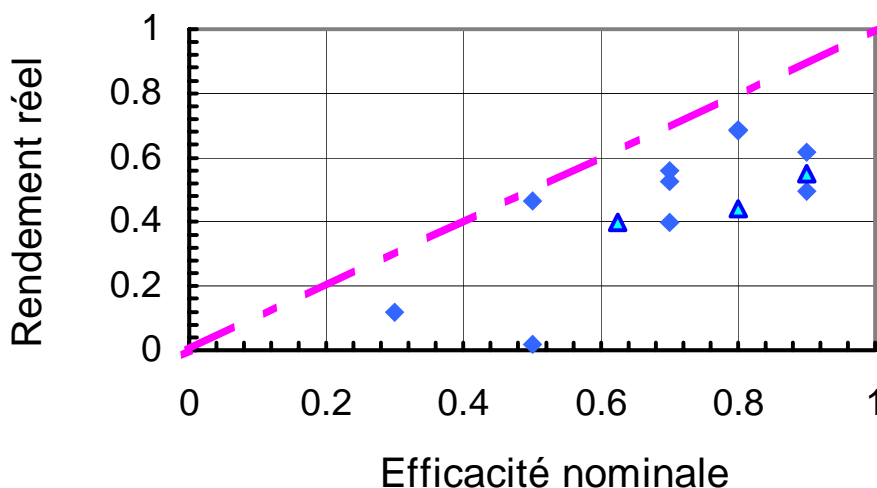


Figure 11: Le rendement de récupération réel de douze installations est représenté en fonction de l'efficacité nominale de récupération. On remarque que pour toutes les installations, le rendement de récupération réel est inférieur à l'efficacité nominale de récupération. Il est particulièrement mauvais pour certaines installations, et acceptable (plus de 85% de l'efficacité nominale) pour deux installations seulement.

Les raisons de ce grand écart entre rendement réel et rendement nominal viennent principalement des débits d'air non contrôlés. (il ne faut donc pas confondre ventilation mécanique et ventilation contrôlée). Souvent les débits incontrôlés sont dus à un déséquilibre entre l'air

pulsé et l'air extrait mais ils peuvent également être dus à la ventilation naturelle, qui est de toute façon superposée à un système de ventilation mécanique. Il est difficile d'éviter les infiltrations et les exfiltrations parasites dans les locaux à forte circulation de personnes (écoles, bâtiments de service, bâtiments de rassemblement). Les sas d'entrée et les portes tournantes n'ont pas une efficacité absolue.

Solutions

La ventilation naturelle "douce" peut aussi être contrôlée

Une ventilation naturelle par ouverture des fenêtres n'est pas une ventilation contrôlée. La ventilation par les inétanchéités et les fuites d'air non plus. Avec ces systèmes il est impossible de ventiler de manière adéquate (soit on ventile trop, soit pas assez). Il est néanmoins possible de concevoir un système de ventilation naturelle par balayage total de l'espace avec des grilles d'entrée et de bouches d'extraction autoréglages ou hygroréglables.

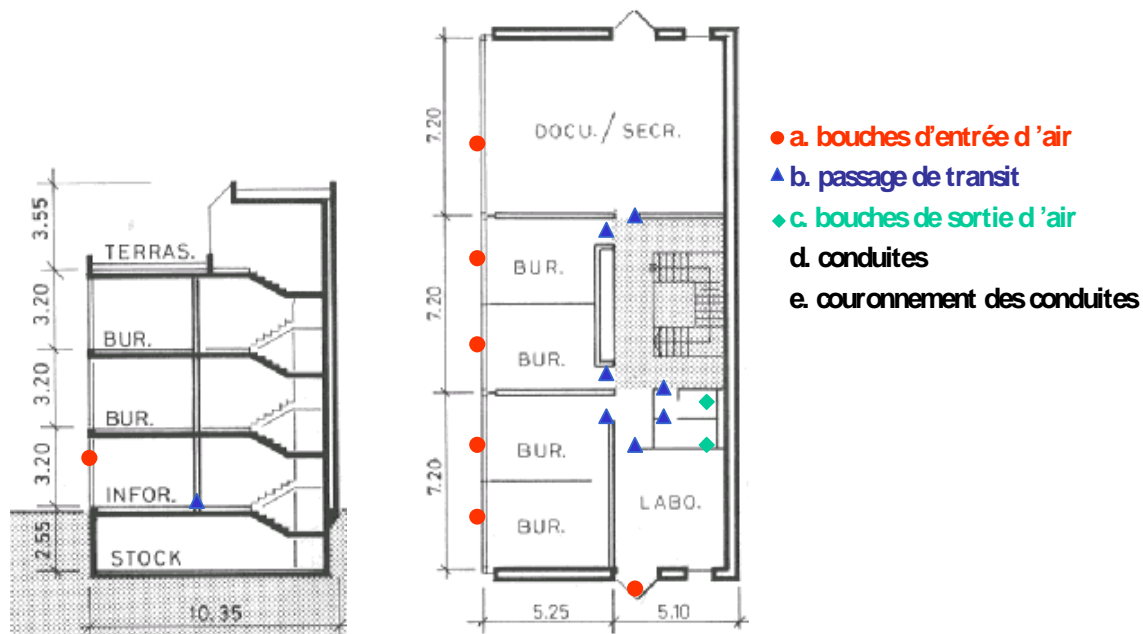


Figure 12 Dans le concept de ventilation naturelle douce contrôlée, les bouches d'entrée en façade et les bouches de sortie dans les pièces humides sont hygroréglables. Le passage de transit s'effectue par un détalonnement des portes de 1 à 2 cm. Les conduites verticales extraient l'air dans les pièces de service et sont équipés en toiture d'un extracteur statique ou statomécanique.

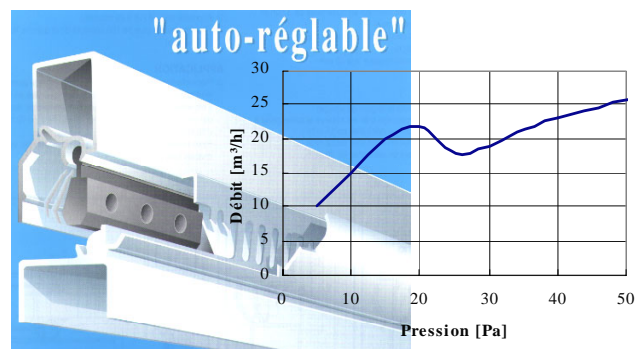
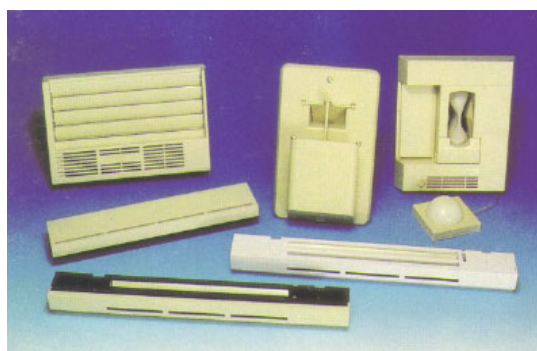


Figure 13: Les bouches hygroréglables (à gauche) se ferment lorsque l'air est sec et s'ouvrent quand il est humide. Le clapet des bouches autoréglables change de position les jours de bise pour limiter le débit.

Les bouches hygroréglables, très utilisées en France, offrent l'avantage d'équilibrer le débit aussi entre les étages. Comme les étages inférieurs disposent de plus de différence de pression stack, le débit a tendance à être plus important. La bouche hygroréglable équilibre les débits parce que le débit important en hiver sèche l'air, ce qui ferme la bouche et donc limite le débit.

Les bouches réglables doivent être dimensionnées pour apporter le renouvellement d'air nécessaire et être positionnées de façon à ne pas générer de courants froids. Si elles sont mal positionnées, les occupants les obstruent avec du scotch ou avec du papier. Si la bouche est positionnée en hauteur et que le déflecteur dirige l'air vers le haut, les occupants ressentent moins de courants froids.

Ventilation hybride avec récupération de chaleur

Une autre solution pour ne pas installer des amenées d'air dans chaque local est de ventiler l'espace intérieur de circulation mécaniquement et de laisser cet espace à une température de 18°C pour permettre un échange d'air avec les bureaux chauffés à 20°C. La ventilation s'effectue par les portes intérieures donnant vers l'espace de circulation. Ce concept a été utilisé à l'Office Fédéral de la Statistique [Sorane 2001].

Enveloppes étanches et réseaux équilibrés

Pour limiter la quantité d'air non récupéré et l'air non réchauffé dans un système de ventilation double flux, il faut équilibrer le débit de pulsion et le débit d'extraction. Il faut également vérifier l'étanchéité du bâtiment. Cette vérification peut être faite par pressurisation du bâtiment, mesure lourde et onéreuse, mais on peut également faire une vérification avec la méthode simple par effet de cheminée. Cette méthode est décrite dans [Van der Maas 2001] et il suffit d'un mètre, d'une cigarette et une cale pour l'appliquer et mesurer les fuites du bâtiment.

Conclusions

Un bâtiment MINERGIE, consommant moins de la moitié de la consommation d'un bâtiment standard se comporte de manière très différente vis à vis de phénomènes physiques. Le bâtiment réagit différemment aux gains solaires qui prennent une toute autre importance dans le bilan thermique. Une conception cohérente doit prendre en compte le comportement des utilisateurs et anticiper les actions qui vont contre la valorisation des gains solaires.

La question de la ventilation n'est pas toujours résolue avec la simple décision d'installer une ventilation double flux. Après analyse des phénomènes physiques, nous pouvons donner des réponses là où un tel système est impossible à mettre en place. La conception et la mise en service de tout système de ventilation, qu'il soit mécanique ou naturel, avec ou sans récupération, doit aussi vérifier ses performances réelles.

Le problème de la surchauffe estivale est à traiter de manière plus attentive pour les bâtiments MINERGIE. Non parce qu'ils ont plus de risques de surchauffe, mais parce que la surchauffe se traduit souvent à l'installation de climatiseurs individuels ou à une surconsommation d'énergie pour la climatisation.

Le respect de la norme SIA 380/4 n'est pas seulement un problème de choix de l'équipement électrique. Des mesures architecturales simples, sans incidence sur les coûts, comme par exemple le choix des revêtements, peuvent diminuer de manière sensible la consommation d'énergie pour l'éclairage.

La maîtrise de tous ces points délicats nécessite souvent de l'intelligence et non pas des investissements lourds. L'anticipation et la résolution de ces problèmes garantissent que les indices de dépense d'énergie réels seront aussi bons, sinon meilleurs, que les indices projetés. Elle garantissent aussi une réalisation de qualité, objectif ultime de tout maître d'ouvrage.

Références

Antoine Guillemin, **Using genetic algorithms to take into account user wishes in advanced building control system**, Phd Thesis 2778, EPFL, Lausanne 2003

DIAL-Europe, **Logiciel convivial pour l'utilisateur, destiné aux architectes pour optimiser l'éclairage naturel**, www.estia.ch, 2002

EPIQR, **Energy Performance and Indoor Environment Retrofit**, méthode développée à l'EPFL dans le cadre d'un projet Joules de l'Union Européenne, www.epiqr.com, www.epiqr.de, 2002

Manuel Bauer, **Gestion biominétique de l'énergie dans le bâtiment**, Thèse 1792, Lausanne, 1998.

Van der Maas J (Service Cantonal de l'Energie, Genève); Roulet C.-A., Flourentzou F.(EPFL)., **Measurement of Airtightness with the Stack Pressurisation Method - Application to two Buildings**, CISBAT 2001 - EPFL // pp.187-192 ; 3 - 4 octobre (2001).

Roulet C.-A.; Van der Maas J.; Flourentzou F., **Refroidissement passif des bâtiments en été - Application de la méthode LESOCOOL**, CISBAT'97 - Lausanne ; octobre (1997).

Roulet C.-A., Foradini F., Cretton P.; Bernhard C.-A. (CHUV, Uni-Lausanne); Carlucci L. (ETHZ), **Qualité de l'environnement des immeubles de bureaux européens**. 9. Status-Seminar ; 12 - 13 septembre (1996).

Sorane, **Office Fédérale de la Statistique, Conception Energétique**, <http://www.sorane.ch/OFS.htm>, 2001