



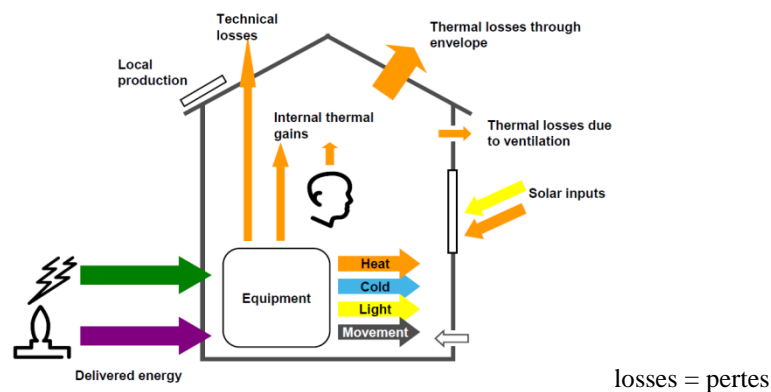
# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## Confort et efficacités énergétiques dans les bâtiments

### Introduction

Les bâtiments sont responsables de plus de **40%** des dépenses énergétiques en Europe et d'environ **25%** des émissions de **CO<sub>2</sub>**. Jusqu'à présent pour remédier à ce problème la solution consistait en l'amélioration des enveloppes des bâtiments en application de règlements thermiques **RT2005** et maintenant la **RT2012**. Si l'on veut encore améliorer le confort et l'efficacité énergétique active dans les bâtiments, on doit instrumentaliser chaque espace, local, pièce... pour gérer au mieux les énergies nécessaires. Ce module a été initié par le projet **HOMES** ([www.homesprogrammes.com](http://www.homesprogrammes.com)) qui arrive en fin de recherche développement chez **Schneider Electric**. Nous utiliserons un équipement issu de cette recherche pour montrer le principe de fonctionnement d'un équipement dit "intelligent" et par la même d'un bâtiment. Cet équipement développé pour le secteur tertiaire c'est la **ROOMBOX**.

### Les échanges énergétiques dans un bâtiment<sup>(1)</sup>



L'énergie entre dans un bâtiment sous plusieurs formes :

- elle est le plus souvent délivrée par un fournisseur d'énergie sous la forme d'électricité, de fuel, de gaz ou autre. Cette énergie a un coût économique et environnemental,
- elle peut être produite localement (énergie électrique produite par panneau photovoltaïque ou micro-éolien, énergie thermique produite par panneau solaire thermique),
- elle est également apportée au bâtiment de façon "gratuite" en grande partie par les fenêtres (énergie thermique et lumineuse) et par les apports thermiques des occupants, des équipements. Ces apports gratuits peuvent être favorables ou non.

Les pertes énergétiques du bâtiment correspondent aux pertes de chaleur par l'enveloppe, aux pertes de chaleur liées au renouvellement d'air (VMC), aux pertes techniques par les cheminées...

Les quantités énergétiques en jeu varient beaucoup en fonction des caractéristiques d'enveloppe, d'équipement, du climat, des profils d'occupation,...

Chaque bâtiment est un système unique : pour tirer le meilleur parti énergétique de chaque situation, il faut mettre en œuvre des solutions qui prennent en compte cette diversité et qui permettent d'adapter le fonctionnement des équipements consommateurs à un jeu complexe de paramètres.

<sup>(1)</sup> Projet HOMES revue REE N°8 sept 2010



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## **Notion de confort :**

Dans tous les cas, les occupants ont besoin de confort thermique, visuel ainsi que d'une certaine qualité de l'air. Concrètement, ces besoins se traduisent par des consignes de température d'air, de niveau d'éclairement, de niveau maximum de CO<sub>2</sub> et d'humidité. Ces valeurs cibles sont atteintes et maintenues grâce aux équipements de chauffage, de refroidissement, de ventilation et d'éclairage dont les consommations représentent globalement la part majoritaire des consommations énergétiques des bâtiments.

## **Les leviers du programme HOMES**

Le programme HOMES a organisé sa réflexion autour des objectifs suivants :

- Réduire les besoins de lumière artificielle, les besoins de chaleur et de froid artificiels, les besoins en air neuf.
- Minimiser l'énergie finale permettant de produire la lumière, la chaleur et le froid artificiels.
- Contribuer à modifier les comportements.

## **Réduire les besoins de lumière artificielle, les besoins de chaleur et de froid artificiels, les besoins en air neuf.**

### **Levier "prendre en compte l'occupation réelle au niveau de chaque zone du bâtiment"**

En moyenne en Europe, seulement 30% des bureaux sont occupés pendant leurs heures d'ouverture. Pourtant dans bien des cas, ces bureaux inoccupés sont conditionnés au même niveau de confort que les autres : les raisons en sont que l'information de présence n'est pas accessible, que la gestion des équipements "par zone" n'est pas prévue ou trop compliquée, voire que personne ne s'en préoccupe. De la même façon, dans d'autres types de bâtiments (hôtels, éducation, résidentiel...) de trop nombreux espaces sont chauffés, refroidis, éclairés, ventilés tout en étant inoccupés !

Le premier levier de HOMES consiste donc à apporter le niveau de confort optimal quand et là où il y a occupation, et à privilégier les économies d'énergie dans tous les autres cas.

Pour rendre ce levier opérationnel, on peut :

- Mettre en œuvre des capteurs de présence, d'occupation...
- Prévoir si possible les périodes d'inoccupation de la façon à ajuster les stratégies de chauffage, de refroidissement et de ventilation. Pendant les courtes périodes d'inoccupation, les consignes de confort sont réduites de façon à permettre un retour rapide au confort optimal. Pendant les longues périodes d'inoccupation, les consignes de confort sont complètement relâchées et une fonction "optimal start" restaurera le niveau de confort requis pour le retour des occupants avec un coût énergétique minimum. Si l'inoccupation est prévue, les consignes peuvent être relâchées par anticipation par une fonction "optimal stop" (sans impact sur le confort perceptible des occupants). Ces fonctions nécessitent de bien appréhender les caractéristiques d'isolation et d'inertie thermique du bâtiment, ce qui est possible dans le cas d'un "smart building" (maquette numérique du bâtiment) grâce aux nombreux capteurs et au potentiel de calcul en place dans les contrôleurs.
- Adapter la ventilation à l'occupation réelle en contrôlant les débits à partir du niveau de CO<sub>2</sub> mesuré.

### **Levier "adapter les niveaux de confort aux occupants, à leur activité, à leurs préférences "**

Les niveaux de température ou d'éclairement requis sont très variables suivant le type d'activité, voire suivant les personnes en fonction de leur métabolisme, de leur âge, de leur habillement... Ajuster les niveaux de confort, de façon manuelle ou automatique, au besoin réel, pièce par pièce ont des conséquences positives :

- En augmentant la satisfaction de l'occupant cela évite les dérèglements qui sont les sources principales de perte d'efficacité des équipements de confort,
- Le niveau de confort de tout le bâtiment n'a plus à être calé sur le besoin des plus exigeants.



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## Levier "tirer parti des énergies gratuites"

On appelle ici énergie gratuites les apports solaires thermiques et lumineux par les parois vitrées, ainsi que le stock thermique constitué par l'air extérieur.

- **Gérer les apports solaires thermiques pour s'en protéger en été et pour les utiliser en hiver.**

En été, contrôler les protections solaires permet de réduire les besoins de refroidissement.

Exemple : occulter 1m<sup>2</sup> de vitrage pendant 2h les plus exposées, permet d'éviter 1,5 kWh d'apport thermique.

En hiver, les apports solaires sont utiles s'ils sont bien gérés et coordonnés avec le système de chauffage. L'occupant placé à proximité d'une fenêtre ensoleillée peut se trouver incommodé par la chaleur. Détecter ou anticiper ce type de situation permet de stopper ou de réguler l'émission de chaleur artificielle non seulement inutile mais préjudiciable au confort.

- **Exploiter l'éclairage naturel**

Favoriser un éclairage naturel quand cela est possible est à la fois un élément d'économie d'énergie et un élément de bien être. Pour cela, il faut rajouter la juste quantité de lumière artificielle pour atteindre le niveau d'éclairement requis. Là encore, les capteurs de niveau lumineux et l'aptitude à commander les éclairages sont à la base du contrôle. Une attention particulière doit être portée aux éblouissements. Pour cette raison, des systèmes d'éclairage qui utilisent des apports de lumière naturelle doivent être équipés de moyens d'occultation qui seront commandés, soit automatiquement, soit par les occupants depuis leur poste de travail afin d'éviter des éblouissements éventuels et de restaurer des apports de lumière naturelle dès que le risque d'éblouissement a disparu.

- **Mettre en place un refroidissement naturel ou free cooling**

Le free cooling consiste à utiliser le réservoir d'air frais extérieur pour limiter les besoins de refroidissements en été ou celui des équipements internes (ordinateurs...).

Il peut se mettre en œuvre de différentes façons :

- Par surventilation nocturne de façon à refroidir l'air ambiant ainsi que les murs et les sols.
- Par rafraîchissement nocturne en ouvrant les fenêtres et en créant des circulations "naturelles" d'air.
- En utilisant l'air frais extérieur pour refroidir l'eau dans les circuits de distribution d'eau glacée du bâtiment (on parle alors de "free chilling").

Dans tous les cas, la mise en œuvre consiste à piloter les actionneurs permettant le refroidissement naturel de façon automatique sur la base de capteurs de température (extérieure et intérieure) et de profils d'occupation, en pilotant la ventilation, les vannes du système de refroidissement, voire des fenêtres motorisées. La différence de température extérieure et intérieure doit être suffisamment significative pour que la surconsommation des systèmes de ventilation et de pilotage permette un gain par rapport au système de refroidissement.



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## **Levier "trouver les optimums énergétiques grâce à une approche système et au contrôle multi-applicatif"**

Un bâtiment est un système complexe dans lequel les énergies et les applications interagissent. Par exemple, les sources de lumière produisent aussi de la chaleur et contribuent au chauffage, une VMC simple flux installée pour améliorer la qualité de l'air a un impact fort sur les besoins de chauffage et de refroidissement ; la masse thermique des murs et des sols représente un dispositif de stockage d'énergie.

Pour atteindre une performance énergétique optimale, il ne suffit pas d'optimiser chaque application : il faut prendre en compte le système global. Ceci est possible en mettant en œuvre :

- Des capteurs et algorithmes avancés de prévision et de contrôle qui permettent de choisir les meilleures options en prenant en compte l'ensemble de la problématique (la performance de l'enveloppe et des équipements du bâtiment, les coûts d'énergie, les besoins en confort et en activité, etc).
- Des moyens d'interaction entre les applications, qui permettent d'agir simultanément sur plusieurs applications qu'un système intelligent peut apporter pour optimiser la performance énergétique d'une part et éviter des fonctionnements contre-performants d'autre part.

### **Exemple n°1 : En été, faut-il mieux se protéger des apports solaires et éclairer ou bien privilégier la lumière naturelle ?**

La stratégie de contrôle à privilégier dépend d'une part des performances techniques relatives des équipements de refroidissement et d'éclairage, mais aussi de l'orientation, du climat et doit intégrer l'acceptabilité par l'occupant.

### **Exemple n°2 : Coordination entre climatisation et refroidissement naturel (free cooling)**

La remise en condition de confort optimal d'un bâtiment de bureau à air conditionné après un arrêt long (week end par exemple) conduit à redémarrer le système de climatisation au plus juste (probablement le lundi matin très tôt). La fonction optimal star permet d'évaluer au plus juste l'heure de démarrage de la climatisation. Le bâtiment peut également être équipé d'une fonction de free-cooling ayant sa propre logique de démarrage. Sans coordination, ces deux fonctions peuvent conduire à des contre-performances énergétiques, la climatisation refroidissant un air destiné à être évacué par la ventilation du système de refroidissement naturel.

### **Exemple n°3 : Coopération entre climatisation et ventilation forcée**

Un brassage d'air plus important permet de laisser la température monter plus haut, sans besoin de climatiser.

Faire coopérer un système de ventilation motorisée avec l'émetteur de la climatisation permet de limiter la demande de froid tout en préservant un confort optimal.





# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## **Minimiser l'énergie finale permettant de produire la lumière, la chaleur et le froid artificiels**

Une fois que les besoins en lumière artificielle, en chaleur et froid artificiels ont été réduits au maximum tout en satisfaisant les besoins relatifs au confort, il convient de produire ces énergies utiles en utilisant le moins possible d'énergie.

### **Levier "améliorer la performance des équipements"**

La quantité globale de l'énergie requise dans un bâtiment peut être réduite par l'optimisation de l'efficacité des équipements utilisés pour fournir de la lumière, de la chaleur, du froid, de l'air avec un niveau de qualité approprié.

### **Exemple : Coordonner les équipements de production**

Faire collaborer plusieurs équipements offre plus de souplesse pour répondre à un besoin variable. Cela peut, de plus, être une stratégie pragmatique d'évolution d'une installation (installer par exemple une Pompe A Chaleur (PAC) en complément d'une installation de chaudière existante et garder la chaudière existante en appoint). Le contrôle permet alors d'assurer la meilleure utilisation des équipements disponibles pour satisfaire le besoin.

### **Levier "optimiser l'approvisionnement en énergie en favorisant les énergies renouvelables"**

Pour réduire l'impact environnemental des bâtiments, on a la possibilité d'utiliser une énergie verte produite localement d'une part, et de contribuer aux efforts de réduction de pointe d'autre part (voir multiplexage de l'énergie).

Concrètement, il s'agit de permettre au bâtiment :

- De se connecter à différentes sources d'énergie (réseau électrique, panneaux photovoltaïques, micro éoliennes) et équipements de stockage.
- De communiquer avec des fournisseurs d'énergie, d'échanger des informations relatives au coût variable de l'énergie et aux prévisions de consommation, etc.
- De décider de la meilleure stratégie énergétique (acheter, stocker ou vendre de l'énergie).
- De décider de la meilleure stratégie de gestion des charges (délester, attendre ou anticiper).

Plus généralement, la même approche peut être appliquée à la production et au stockage thermique.

### **Créer une prise de conscience énergétique**

Il s'agit de créer durablement une dynamique et la volonté de :

- Changer les comportements au quotidien, supprimer tous les petits gestes énergivores qui grèvent la balance énergétique des bâtiments (comme laisser la lumière allumée en partant, ouvrir la fenêtre sans éteindre le chauffage, laisser les équipements sous tension...).
- D'investir pour améliorer la performance de son logement ou de son parc de bâtiments.

C'est également le levier le moins mesurable et le plus long à mettre en place.

### **Le multiplexage de l'énergie ou réseaux électriques intelligents**

Le principe est le même que le délestage qui limite la puissance de l'installation à la puissance souscrite. Mais se délestage peut agir sur un immeuble, un quartier, une ville ou "un pays". Comme pour l'eau la demande étant plus important au moment de la pause publicitaire, il s'agit de gérer les chauffages électriques principalement au moment où la demande est très forte. Une coupure du chauffage pendant par exemple cinq minutes ne sera pratiquement pas perceptible par les occupants du fait de l'inertie thermique des bâtiments. En procédant par rotation avec un grand nombre d'équipement de chauffage on peut gérer au mieux la distribution au plan individuel, local, régional ou national.

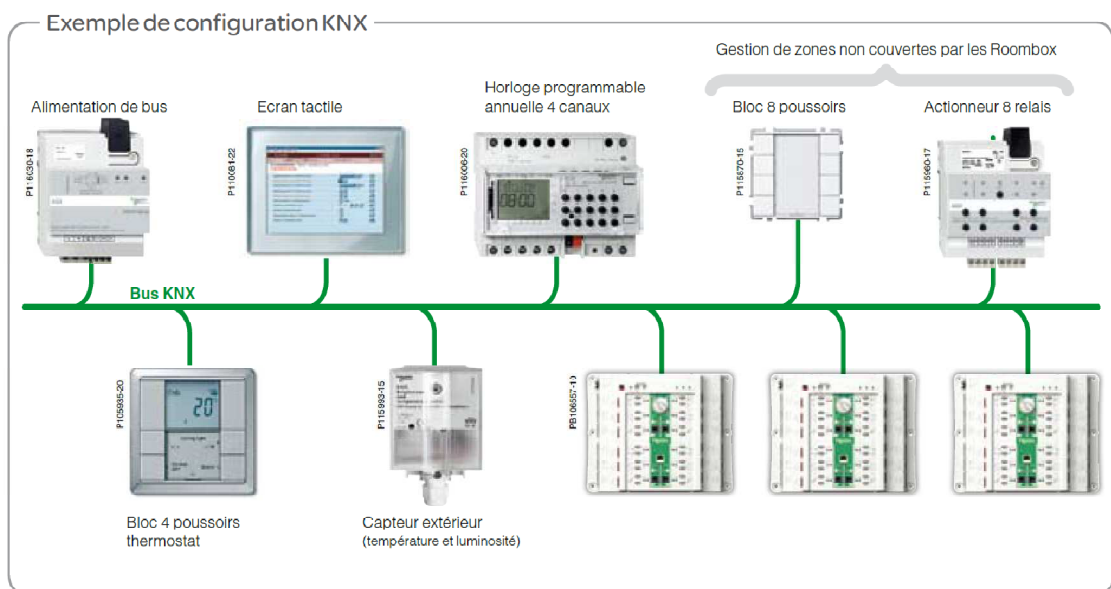


# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## ROOMBOX

Cet équipement permet de répondre à certains leviers du projet **HOMES**, un seul boîtier permet de couvrir les domaines du génie électrique comme la protection, la commande filaire, par onde et à distance, il mesure les consommations de chaque circuit, il agit suivant différents scénarii programmés et configurables en relation avec les capteurs logique ou analogique de présence, de luminosité, de température, de CO<sub>2</sub> et d'humidité en liaison **Zig Bee**, ses bus non propriétaires lui permettent de s'interfacer avec un grand nombre d'équipements et de GTB (Gestion Technique du Bâtiment)

### Exemple pour le bus KNX (3 ROOMBOX en bas à droite)



Le projet **HOMES** implanté au **HIVE le siège social de Schneider électrique** nous permettra à terme de disposer sur internet des consommations et économies de bâtiments d'une surface de 35000 m<sup>2</sup>. Chaque ROOMBOX fonctionne de façon automatique ou non, la communication est un point important dans la gestion d'un bâtiment, par la suite on rappelle brièvement certains procédés de communication. La communication M2M (Machine To Machine) ne semble pas encore d'actualité dans le projet HOMES.