

Aide aux choix de conception et de réalisation de bâtiments économes en énergie

Docteurant : Maxime TROCMÉ

Directeur de thèse : Bruno PEUPOURTIER

École des Mines de PARIS, Centre Énergétique et Procédés

Démarrage : 02 octobre 2006

Durée : 3 ans

Motivations

Les objectifs de réduction des impacts environnementaux, le renforcement des contraintes réglementaires et l'augmentation du prix des énergies, amènent les entreprises de construction à développer une offre adaptée à une demande de bâtiments économes en énergie. Au fur et à mesure que les consommations énergétiques des bâtiments diminuent, la phase de réalisation, en particulier au niveau de l'**étanchéité à l'air** du bâtiment, prend une importance accrue.

Objectifs

- Elaboration d'un **catalogue de solutions techniques** : isolation par l'extérieur, continuité de l'isolation au niveau des fondations et des toitures, pose des menuiseries dans le plan des isolants, ventilation double flux, intégration des énergies renouvelables, intégration de composants passifs, équipements performants...
- Modélisation des infiltrations et des mouvements d'air** dans l'outil de simulation COMFIE.
- Application des outils à des cas concrets**, par exemple dans le secteur résidentiel, en construction neuve ou en réhabilitation.
- Participation au projet **E2F** : Conception d'une Enveloppe à Enrichissement de Fonctions.

Perspectives

- Analyse d'opérations récentes ou en cours dans le but de compléter les aspects théoriques, en particulier pour mieux cerner l'**influence de la réalisation et de l'utilisation** sur les dépenses énergétiques. Le test de la porte soufflante pourra être envisagé sur certaines constructions.
- Définition de **niveaux de performances** en fonction des pratiques constructives mises en œuvre pour une prise en compte dans le modèle développé. La mise en place d'un référentiel qualité à l'étanchéité à l'air peut aussi être envisagée.

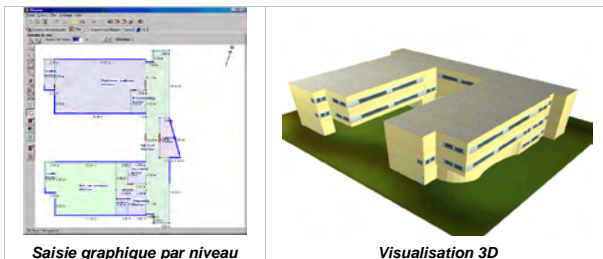
Conclusions

Les travaux développés devraient permettre une meilleure prise en compte des dépenses énergétiques dues aux infiltrations d'air et ainsi répondre à une demande des concepteurs souhaitant atteindre des consommations d'énergie primaire pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire inférieures à 50 kWh·m⁻² par an.

Procédure expérimentale

Outil de simulation thermique du bâtiment, COMFIE

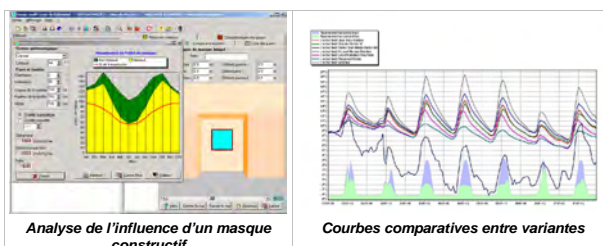
Les concepts de bâtiments élaborés d'après le catalogue de solutions techniques seront évalués par le module de calcul COMFIE (développé par le Centre énergétique et Procédés de l'école des Mines de Paris, son interface utilisateur « Pléiades » étant réalisée par IZUBA Énergies). COMFIE est un logiciel permettant d'effectuer des simulations thermiques dynamiques. Ces simulations permettent en particulier d'optimiser les aspects bioclimatiques, comme les apports solaires et l'inertie. Le fonctionnement du bâtiment est simulé sur l'année.



Les données architecturales du bâtiment sont dans un premier temps renseignées dans le logiciel Alcyone, un modéleur 2D-3D. On y entre le plan 2D du bâtiment ainsi que les caractéristiques du bâtiment : situation géographique, composition des parois, qualité des portes et fenêtres, ponts thermiques... Le bâtiment est découpé en zones ayant des caractéristiques thermiques homogènes puis le modèle est exporté vers COMFIE.

Les zones peuvent être à évolution libre (température flottante), thermostatées (avec un scénario de consigne hebdomadaire et horaire), ou bien climatisées (avec une consigne de chauffage et une consigne de climatisation hebdomadaire et horaire). Dans ce dernier cas les puissances de chauffe et de rafraîchissement nécessaires pour maintenir la température souhaitée sont calculées au cours de la simulation.

À la fin de cette dernière, le logiciel affiche (sur les différentes semaines) les températures et les puissances de chauffage pour chaque zone thermique. Les besoins de chauffage sont exprimés en kWh et kWh·m⁻². Les résultats sont édités heure par heure.

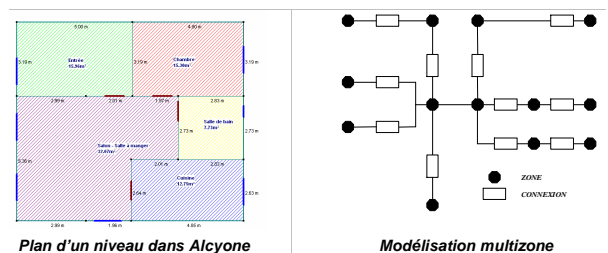


Prise en compte des mouvements d'air

La modélisation des infiltrations et des mouvements d'air est étudiée ici. En effet l'étanchéité à l'air des bâtiments constitue, avec les ponts thermiques, l'une des principales causes, liées à la mise en œuvre, des écarts constatés entre les performances évaluées par calcul en phase de conception et les performances mesurées après la réception des ouvrages. Il est donc important pour une entreprise de construction de chercher à mieux maîtriser ces écarts.

Plusieurs approches sont possibles pour évaluer ces transferts aérauliques. L'utilisation de codes de type **CFD** (« Computational Fluid Dynamics ») demande des temps de calculs très longs, ce qui n'est pas acceptable pour les utilisateurs d'un outil d'aide à la conception tel que celui envisagé dans ce travail.

Des **modèles simplifiés** ont été développés, par exemple celui utilisé dans la réglementation thermique RT 2005. Les débits d'air entrant et sortant sont calculés pour chaque façade en fonction de la perméabilité à l'air et de la différence entre la pression extérieure (fonction de la vitesse et de l'orientation du vent) et intérieure (valeur à déterminer).



Modèle choisi

Un modèle **multizone** permet d'apprécier une stratégie de ventilation et les impacts des infiltrations d'air pour un bâtiment donné en fonction des caractéristiques extérieures et intérieures. Ce type de modèle permet une prise en compte précise du tirage thermique et des effets du vent. Le bâtiment y est représenté comme un ensemble de zones dont les propriétés physiques sont uniformes. Les connexions aérauliques entre chaque zone (petite ou grande ouverture, fissures...) sont considérées comme des résistances plus ou moins fortes.

Pour une approche plus détaillée, ce modèle pourra éventuellement être couplé à un modèle **zonal** qui permet de diviser une zone donnée en sous-volumes sur lesquels des bilans d'énergie et de masse peuvent être écrits afin de déterminer les débits échangés. L'intérêt est d'évaluer des écarts de température dans une même zone (par exemple stratification selon la hauteur pour une pièce de grand volume).

La possibilité d'utiliser des résultats de mesure (test de la porte soufflante par exemple) comme entrée du modèle sera étudiée. La validation du modèle sera étudiée en fonction des mesures sur cellule test disponibles ou de la possibilité d'une comparaison inter-modèles.

Remerciements

Ces travaux sont menés dans le cadre d'une convention CIFRE entre le Centre Énergétique et Procédés de l'École des Mines de Paris et Vinci Construction France. Le projet E2F bénéficie du soutien de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.