

Modèle_complet de fenêtre avec protection solaire du logiciel de thermique dynamique CoDyBa

Jean NOËL Ingénieur FreeLance (JNLOG) – 15 place Carnot 69002 Lyon - Mel : contact@jnlog.com
 CETHIL-ETB – INSA de Lyon – Bât. Freyssinet – 40 av. des Arts 69100 Villeurbanne

I - Introduction

Les performances thermiques des enveloppes de bâtiments dépendent fortement des gains solaires et des échanges thermiques à travers les fenêtres, essentiellement au niveau des parties vitrées. La modélisation du comportement thermique et radiatif de cette partie représente donc un enjeu important.

D'autre part, dans le but d'assurer un meilleur confort thermique et de minimiser les charges de climatisation, l'ajout de protections solaires aux fenêtres est de plus en plus fréquente. Une bonne protection solaire peut être rapidement amortie si la réduction de la climatisation nécessaire est conséquente. Mais l'optimisation de la protection solaire requiert l'utilisation d'un modèle performant.

Le présent article présente la modélisation d'un ensemble fenêtre-protection solaire et l'usage qui peut en être fait dans un outil de simulation dynamique comme CoDyBa (cf. www.codyba.com).

Une présentation plus détaillée du modèle fenêtre-protection solaire est disponible sur Internet, avec de nombreuses références bibliographiques (http://www.jnlog.com/pdf/blinds_report.pdf).

II - Le coefficient g d'une fenêtre

Les deux principaux coefficients utiles d'une fenêtre sont les coefficients U and g :

U représente l'inverse de la résistance thermique entre l'intérieur et l'extérieur.

g indique la fraction du rayonnement solaire incident qui est absorbé ou transmis, et transformé en chaleur dans le bâtiment. Il comprend les transmissions primaire et secondaire. La transmission primaire concerne le rayonnement solaire qui traverse la fenêtre sans être intercepté. La transmission secondaire concerne l'énergie provenant du rayonnement solaire qui a été intercepté, transformé en chaleur et introduite dans le bâtiment par conduction, convection, radiation, etc.

Dans cet article seul le coefficient g est étudié. Le mécanisme physique à la base de sa définition est le suivant : les radiations absorbées sont transformées en chaleur par les éléments du vitrage (verre ou protection solaire, considérés comme des couches d'un ensemble multi-couches) et ces éléments restituent la chaleur par convection, conduction ou radiation. Une partie de cette énergie est restituée à l'extérieur et le reste s'ajoute à l'énergie introduite dans le bâtiment par rayonnement direct.

La figure 1 illustre la signification du coefficient g dans le cas d'un store vénitien. Une valeur de g de 0.4 signifie que 40% du rayonnement incident est transformé en chaleur dans le bâtiment.

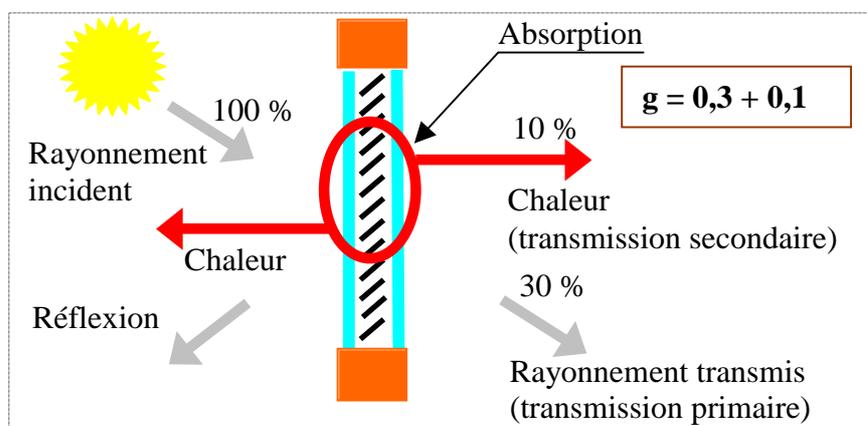


Fig. 1 : explication du coefficient de transmission global g

Si E est le rayonnement incident, τ le coefficient de transmission, α le coefficient d'absorption and N la fraction entrante du rayonnement absorbé par le système, l'énergie transmise Q s'écrit :

$$Q = g \cdot E \quad \text{et} \quad g = \tau + [N \cdot \alpha]$$

Le coefficient g est nécessaire pour déterminer le gain solaire d'une fenêtre, et devrait figurer avec le coefficient U dans la description des performances énergétiques d'une fenêtre.

Une bonne protection solaire possède un faible g puisque dans ce cas seule une faible fraction du rayonnement entrant est transmise sous forme de lumière ou de chaleur dans le bâtiment. Une mauvaise protection solaire possède un g élevé.

Pour un store, le coefficient g dépend entre autres des conditions suivantes : composition du vitrage, position du store (interne, intégré ou extérieur), angle i d'incidence du soleil par rapport à la vitre, etc. Le soleil est repéré par rapport à la fenêtre par son azimut relatif A et sa hauteur solaire H (voir figure 2).

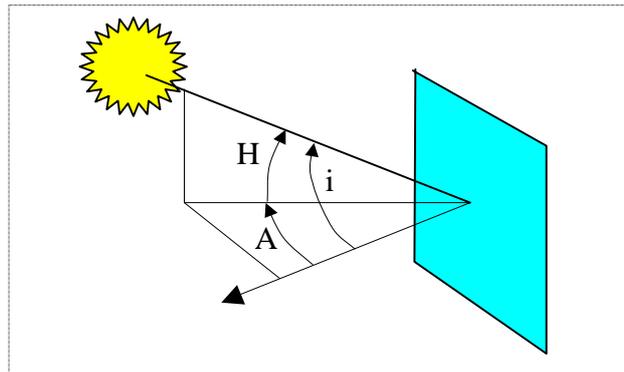


Fig. 2 : repérage angulaire du soleil par rapport à la fenêtre

Pour construire un modèle de prédiction du coefficient g , on procède en deux étapes. D'abord une analyse optique permet de déterminer la proportion du rayonnement solaire absorbé par chaque élément du vitrage (verre ou store, considéré comme une couche) et la proportion directement transmise à l'intérieur. Ensuite une analyse thermique est réalisée pour établir un bilan thermique pour chaque couche.

Il faut noter que cette procédure ne concerne que le rayonnement direct. Pour le rayonnement diffus, il faut procéder par une intégration sur l'ensemble du ciel et des surfaces qui renvoient le soleil.

III - Prise en compte d'un store vénitien

Le volume de contrôle pour l'analyse radiative est la cavité comprise entre deux lamelles adjacentes. Chaque lamelle est discrétisée en un certain nombre de segments. La figure 3, présente la discrétisation de la cavité radiative, ainsi que les paramètres importants.

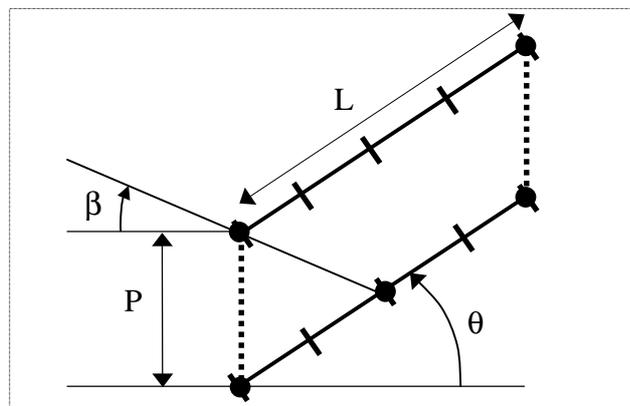


Fig. 3 : discrétisation de la cavité radiative formée par deux lamelles du store

Basé sur l'hypothèse de réflexions non spéculaires, les puissances absorbées et émises par chaque segment, y compris les ouvertures d'entrée et de sortie, sont calculées par la méthode des radiosités.

IV - Comparaison des résultats prédits par le modèle avec l'expérimental

Des comparaisons ont été effectuées avec des résultats expérimentaux publiés dans le monde, et les accords sont excellents. Dans le montage expérimental de l'université de LUND (Suède), un store vénitien bleu est placé entre les deux vitres d'un double-vitrage. Les lamelles sont larges de 28 mm et espacées de 22 mm. L'azimut relatif A est nul.

Pour différents angles de lamelles, et pour différentes hauteurs solaires H, les valeurs calculées de g (voir figure 4) sont normalisées par rapport à la valeur que l'on obtiendrait en l'absence de protection solaire et pour une incidence perpendiculaire au vitrage. Une valeur de 40 indique que le gain du store est de 60 %.

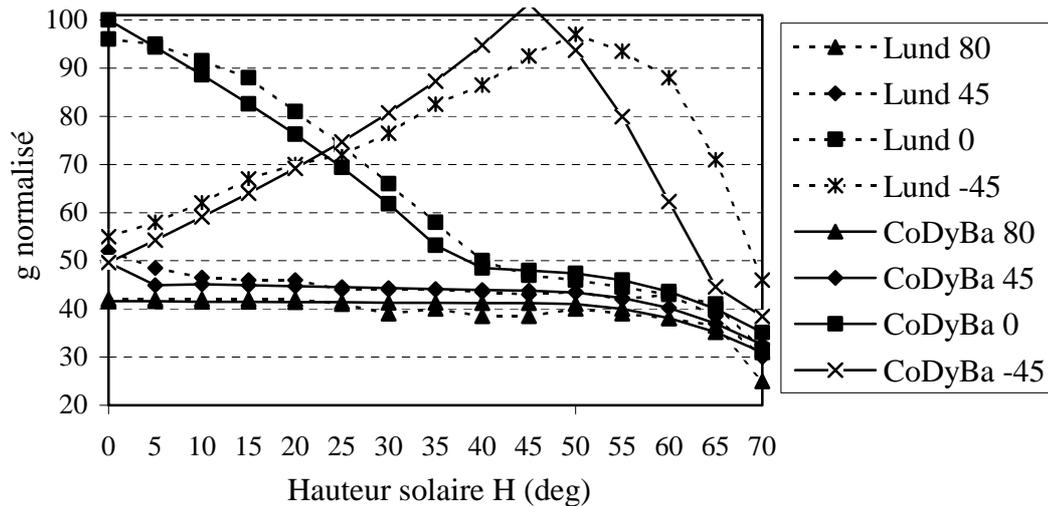


Fig. 4 : comparaison expérimental / numérique du coefficient g

Sur ces courbes, on peut constater la forte dépendance des gains selon la position du soleil : l'application d'un coefficient moyen ne peut donner que de mauvais résultats.

V - Influence des stores sur l'énergie de climatisation d'un grand bâtiment

Par simulation, l'intérêt d'un store sur l'énergie de climatisation va être étudiée, dans le cas d'un bâtiment simple.

La géométrie est celle d'un immeuble de bureaux de 7 étages, comprenant 10 bureaux, 5 par face de l'immeuble. Les bureaux sont séparés par un couloir. Les cages d'escaliers sont situées aux extrémités.

L'immeuble possède une symétrie telle qu'une rotation de 180° le rend identique à lui-même.

Les météos de 10 villes de France seront utilisées pour montrer l'impact de l'emplacement du bâtiment.



Fig. 5 : vue générale de l'immeuble

Sur la figure 6 on observe l'influence de la rotation de l'immeuble en juillet à Carpentras pour différents angles de lamelles.

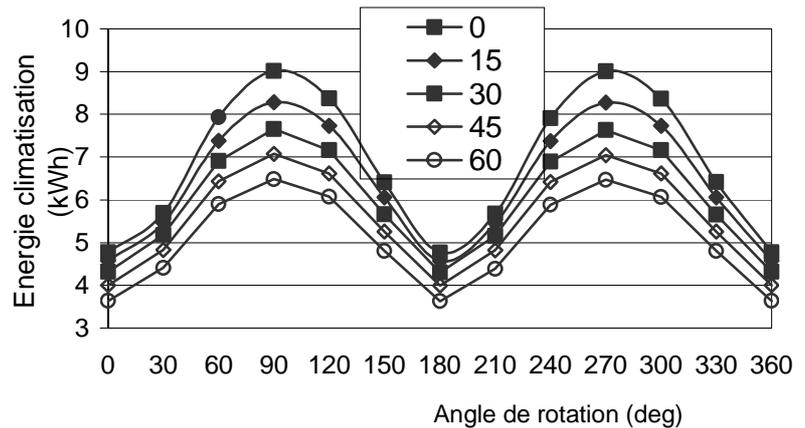


Fig. 6 : influence de la rotation de l'immeuble

Pour différentes villes de France, La figure 7 indique l'énergie de climatisation en juillet selon l'angle des lamelles pour l'immeuble.

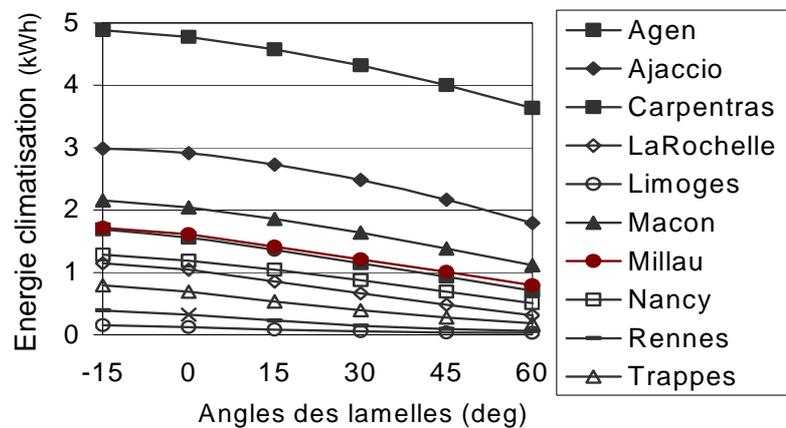


Fig. 7 : influence de la rotation de l'immeuble

Enfin, la figure 8 précise l'influence de la position du store sur l'énergie de climatisation en juillet.

L'angle des lamelles est de 45° et la position du store est repérée par un numéro (1 : externe, 2 : intégré, 3 : interne)

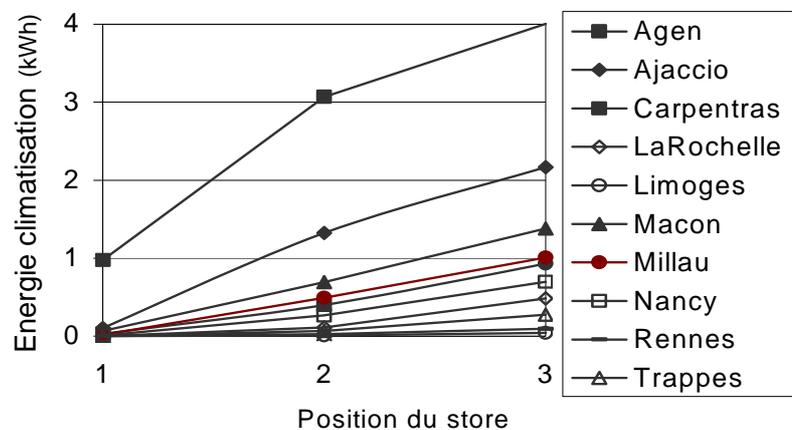


Fig. 8 : influence de la rotation de l'immeuble

VI - Conclusions

L'introduction d'un modèle performant de protections solaires "planes" (rideau ou store vénitien) dans le logiciel CoDyBa permet de traiter la climatisation dans des bâtiments en situation réelle. En effet, les charges de climatisation ne peuvent être calculées de façon précise indépendamment de la situation du bâtiment par rapport au soleil, et des protections solaires utilisées.

Une version de CoDyBa est déjà disponible et permet de répondre à des demandes de bureaux d'études.