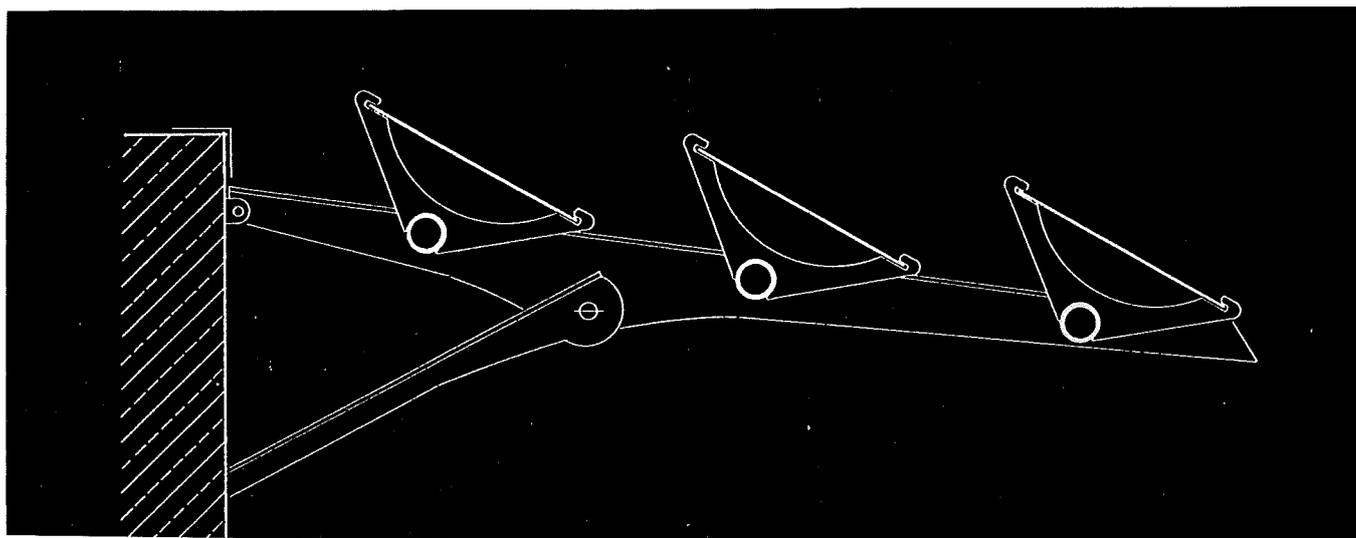


PANND

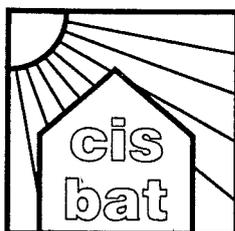


ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

CISBAT'93



LAUSANNE 1993



ETUDE D'UN IMMEUBLE INDUSTRIEL DOTE D'UNE FAÇADE DE TYPE DOUBLE-PEAU

D. PAHUD, O. GUISAN, B. LACHAL, A. MERMOUD
GAP - CUEPE
Université de Genève
Case postale 81
CH 1231 CONCHES / GE

RESUME

Cette étude décrit et analyse les performances d'une façade de type double-peau qui équipe un immeuble industriel. La ventilation de celle-ci, naturelle, est étudiée, et détermine ses caractéristiques thermiques, en agissant à la fois sur les pertes spécifiques et les gains solaires indirects. Son impact sur la demande de chauffage est évalué sur la base de la nouvelle Norme Européenne, après avoir calé les calculs sur les mesures. Un potentiel d'économie de 25% est réalisable. Le problème des surchauffes estivales est également abordé. Une étude simplifiée montre que l'utilisation de rideaux réfléchissants permet de baisser d'environ 2°C la température intérieure, mais ne suffit pas comme mesure unique pour réduire des températures qui peuvent monter jusqu'à 34°C.

ABSTRACT

This study describes and analyses the performances of a double skin type facade of an industrial building. The natural ventilation of this latter is studied and determines its thermal characteristics. It affects the specific heat loss and the indirect solar gains of the double skin facade. The influence on the heat demand is calculated on the basis of the new European Standard, after having adjusted the calculations to the measurements. A potential saving of 25% is possible. The aestival overheating problem is also treated. A simplified study shows that the use of reflective curtains reduces the internal temperature by about 2°C, but is not enough to lower temperatures which may rise up to 34°C.

1. INTRODUCTION

L'immeuble industriel et artisanal Marcinhès (68'000 m³, 18'400 m²), situé près de Genève, a été conçu sur des bases entièrement privées. Sa conception énergétique [1,2] fait intervenir 940 m² de capteurs solaires plans (chauffage et eau chaude

sanitaire), un stockage saisonnier de chaleur utilisant 20'000 m³ de moraine sous le bâtiment, une pompe à chaleur à gaz de 215 kW, trois chaudières auxiliaires (gaz/mazout et bois) totalisant 640 kW ainsi que 3'400 m² de façades double-peau responsables de gains solaires passifs.

Le bâtiment est mesuré et analysé en détail par le Groupe de Physique Appliquée de l'Université de Genève de mai 1989 à mai 1993. Les capteurs solaires et le stockage, alimenté par ces derniers, donnent entière satisfaction [3,4,5]. Néanmoins, leurs performances sont pénalisées par les pannes successives de la pompe à chaleur à gaz [6], cette dernière étant le seul moyen d'extraire l'énergie emmagasinée dans le stockage. Le chauffage d'appoint, assuré par les deux chaudières à gaz de 230 kW chacune, fonctionne avec un rendement annuel de 95% (condenseur inclu) [6]. Nous nous concentrons maintenant sur l'étude des façades double-peau.

2. LA DOUBLE-PEAU

2.1 Description

Les 3'400 m² de façade double-peau sont répartis sur les 4 faces de l'édifice, dont l'axe principal est orienté sud-ouest. La peau intérieure est constituée, à chaque étage, d'un double vitrage monté sur un contrecœur en béton (épaisseur 11 cm). La peau extérieure, en double vitrage, est fixée à 25 cm de la peau intérieure et mesure 13 à 20 m de haut (cf. figure 1):

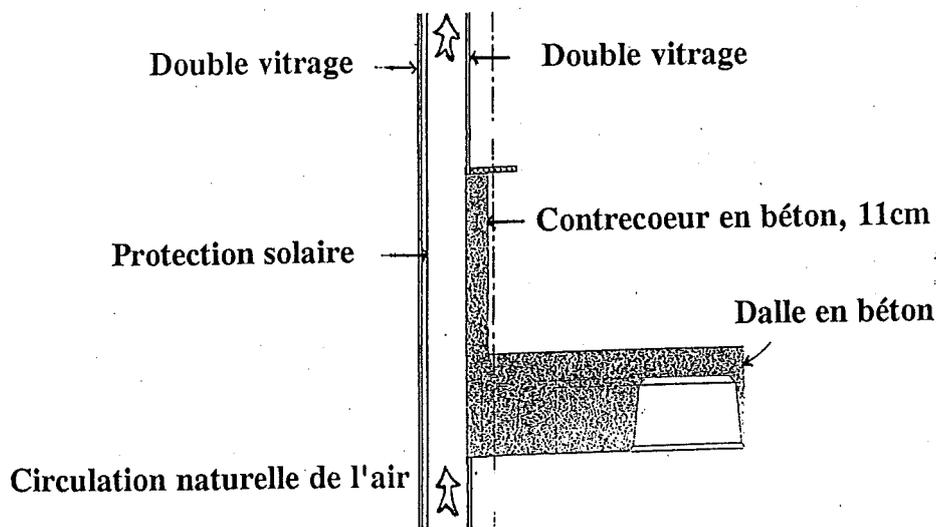


Figure 1 : Coupe transversale d'un module double-peau

En modules de 1.5 m de largeur, la double-peau peut être ouverte sur l'extérieur en bas et en haut, et par conséquent ventilée par circulation naturelle de l'air. Dans son état actuel, les fermetures des ouvertures ne sont pas contrôlées (les modules sont soit ouverts, soit fermés) et les protections solaires, devant prendre place dans la double-peau, ne sont pas installées. Le nettoyage des vitrages est laissé aux soins des locataires; (l'immeuble est actuellement à moitié occupé).

2.2 Performances énergétiques

La double-peau est modélisée comme une serre non chauffée [7]. Pour un module ouvert, la ventilation a pour effet de "court-circuiter" la peau extérieure. On peut définir un coefficient de transmission thermique effectif qui tient compte des pertes par ventilation. Pour un module de la façade S-E (13 m de hauteur), la dépendance de ce coefficient est calculée en fonction de la vitesse de l'air qui le traverse, sur la base des propriétés thermiques des composants de la double-peau (cf. figure 2a). La dégradation des performances est également sensible sur les gains solaires indirects, qui sont définis comme la fraction d'énergie transmise dans le bâtiment suite à l'échauffement de la double-peau. La réduction des gains indirects, calculée pour le même module, est illustrée avec la figure 2b.

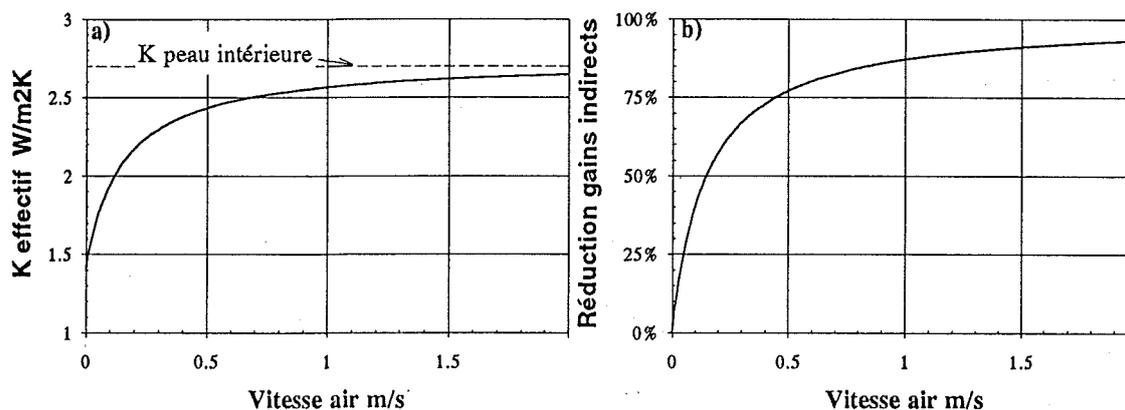


Figure 2 : Coefficient de transmission thermique effectif (a) et réduction des gains solaires indirects (b) d'un module double-peau ouvert, calculé en fonction de la vitesse de l'air qui le traverse

Mesurée du 21.8.92 au 2.11.92 dans un module ouvert de la face S-E, la vitesse de l'air est modélisée par effet cheminée. Elle est ensuite recalculée en moyennes mensuelles durant les mois de chauffage. Les valeurs obtenues sont proches de 0.6 m/s, avec un écart standard mensuel inférieur à 0.05 m/s. Relativement à des modules double-peau fermés (hermétiquement), les modules ouverts ont un coefficient de transmission thermique qui augmente de 1.4 à 2.5 W/m²K (+80%), et des gains solaires indirects qui diminuent de 80%. Les gains solaires directs, définis comme la fraction du rayonnement solaire qui traverse directement la double-peau, ne sont pas affectés par la ventilation de cette dernière. Pour un module fermé et sans rideaux, les gains solaires passifs sont composés de 60% de gains solaires directs et de 40% de gains solaires indirects.

3. BILAN ENERGETIQUE DE CHAUFFAGE

Les systèmes de chauffage du bâtiment sont entièrement mesurés au cours des hivers 90-91 et 91-92. Un calcul mensuel de la demande de chauffage, basé sur la nouvelle Norme Européenne [8], est confronté aux mesures. Les gains solaires passifs, calculés par une surface équivalente pour chaque orientation, et les gains internes, estimés sur le relevé des compteurs électriques, sont pris en compte avec un facteur d'utilisation.

La figure 3 montre les différentes contributions de chauffage du bâtiment pour les deux hivers étudiés. L'indice de dépense d'énergie (gaz et électricité pendant la saison de chauffage), correspond à 137 MJ/m²an (90-91) et 147 MJ/m²an (91-92) .

Hiver 90-91 : 4'440 GJ

Hiver 91-92 : 4'150 GJ

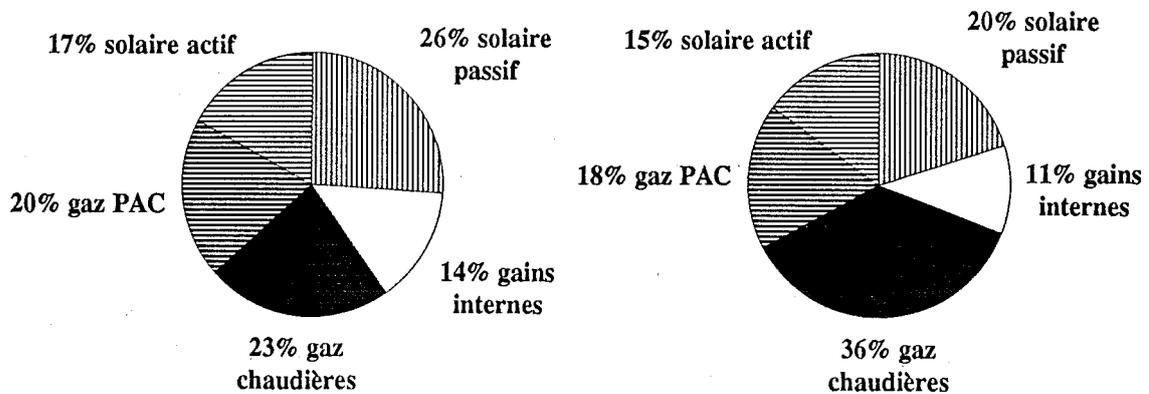


Figure 3 : Parts de chauffage du bâtiment (hiver 90-91 et 91-92)

La part des gains solaires passifs est plus faible l'hiver 91-92. Cette différence s'explique par la proportion des modules double-peau ouverts qui est passée de 10-15% en 90-91 à 60-65% en 91-92 (pour limiter les surchauffes estivales).

On peut caractériser les performances thermiques du bâtiment par deux paramètres: un coefficient de pertes spécifiques (kW/K) et une surface effective de captage (m²), définie en divisant les gains solaires par l'ensoleillement vertical de la façade S-E. Ces deux paramètres passent respectivement de 18.1 kW/K et 740 m² en 90-91, à 19.3 kW/K et 650 m² l'hiver 91-92. Le calcul de la demande de chauffage peut être effectué en faisant varier la proportion de modules ouverts. La figure 4 permet de juger l'impact sur ces deux paramètres et la demande annuelle de chauffage.

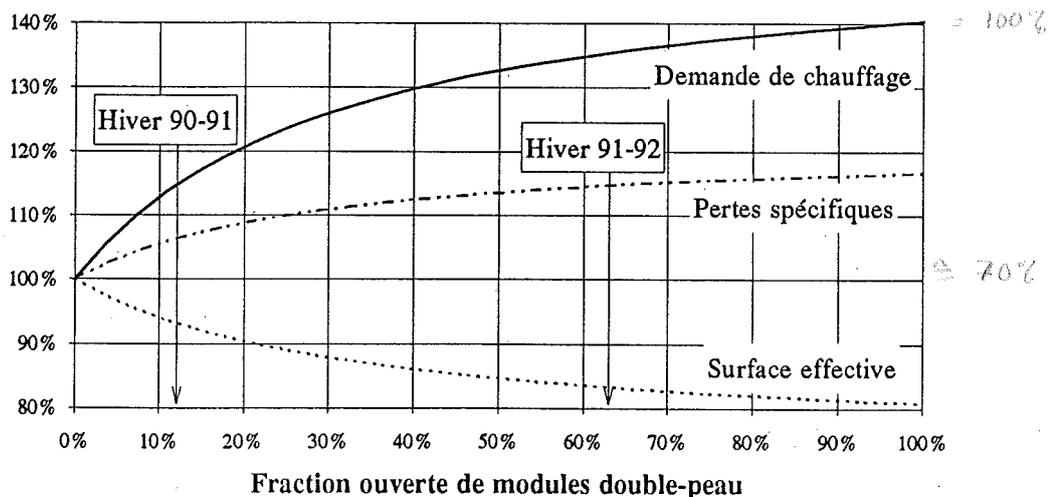


Figure 4 : Impact du pourcentage de modules double-peau ouverts sur les pertes spécifiques, la surface effective de captage et la demande annuelle de chauffage du bâtiment

4. SURCHAUFFES ESTIVALES

Des essais ont été effectués avec un rideau performant dont les caractéristiques au spectre solaire sont les suivantes: 77% de réflexion, 20% d'absorption et 3% de transmission. Au 3^e étage, dans un local inoccupé et orienté sur la façade S-E (110 m² de plancher pour 35 m² de façade), trois cas de figure ont été étudiés: rideaux à l'intérieur de la pièce (du 15 juillet au 6 août 91), rideaux dans la double-peau et fixés contre la peau intérieure (du 6 août 91 au 1 septembre 91), et pas de rideaux (du 1 septembre au 14 octobre 91). Les modules double-peau sont ouverts tout au long des essais. La température du local est mesurée, et complète les mesures d'ensoleillement et de température extérieure, déjà mesurées dans le cadre de l'étude du bâtiment.

Pour contourner la complexité engendrée par la dynamique journalière (effet d'accumulation et de restitution de chaleur des contrecœurs, etc.), une approche à un noeud est réalisée en moyennes journalières. Un bilan journalier des gains et des pertes (par le concept de surface effective S et de pertes spécifiques K), détermine la variation de température de la pièce, caractérisée par une capacité calorifique C. Un ajustement linéaire, effectué pour chaque cas, permet d'évaluer K/C et S/C. L'inverse du premier terme correspond à une constante de temps, proche de 130 heures pour les trois situations. Le deuxième terme, proportionnel à la surface effective, est 20 % plus faible avec utilisation de rideaux. Cette étude, très grossière, ne permet pas de différencier les deux cas avec rideaux. Mais il apparaît essentiel que la ventilation de la double-peau s'effectue entre la protection solaire et la peau intérieure, permettant ainsi de "court-circuiter" la partie qui absorbe, dans cette situation, près de 50% du rayonnement solaire incident.

La température de la pièce peut être recalculée en valeurs horaires, sur la base des mesures météo horaires et des paramètres ajustés. La figure 5 montre les températures intérieures classées, calculées avec et sans utilisation de rideaux, du 15 juillet au 25 septembre 91.

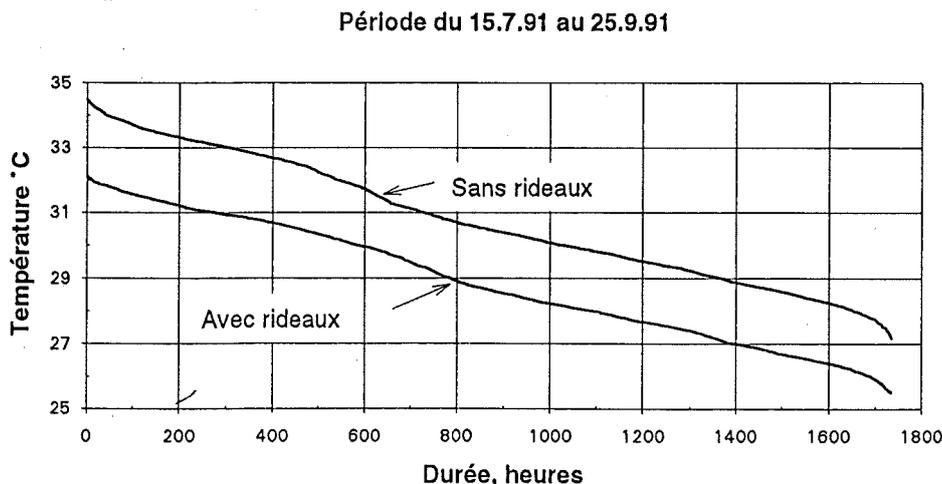


Figure 5 : Températures intérieures classées avec et sans utilisation de rideaux

L'utilisation de bonnes protections solaires permet de gagner une baisse de 2°C, mais s'avère insuffisante pour assurer une température de confort acceptable.

5. CONCLUSION

L'état de la double-peau, en cours d'achèvement, a permis d'effectuer une étude simple de ses performances thermiques (modules soit ouverts, soit fermés et pas de rideaux). Ces dernières dépendent fortement du contrôle de sa ventilation. La demande de chauffage est réduite de 30% si les modules double-peau, initialement ouverts, sont tous hermétiquement fermés. Les surchauffes estivales sont un problème réel avec des pointes de température à 34°C, et ne sont pas supprimées avec utilisation de protections solaires réfléchissantes comme seule mesure.

REMERCIEMENTS

Ce travail est supporté par l'Office Fédéral de l'Energie. Nous remercions également M. Rey, le propriétaire de l'immeuble, pour les facilités offertes nécessaire à un tel projet.

REFERENCES

- [1] B. Matthey, C. Roulet (1987), A Passive Solar Industrial Building Combined with a 20'000m³ Seasonal Storage at Meyrin (Geneva), ICBM 87, vol.IV, Presses Polytechniques Romandes, p197-203.
- [2] B. Matthey (1988), Accumulateur saisonnier de chaleur solaire de 20'000m³ par sondes verticales sous un bâtiment industriel à Meyrin-Genève, Meyrin-Genève, Jigastock 1988, vol 2, p561-565.
- [3] A. Mermoud, D. Pahud, O. Guisan, B. Lachal (1991), Etude du Centre Industriel et Artisanal Marcinhès à Meyrin(GE). Rapport partiel, Groupe de Physique Appliquée et Centre Universitaire pour l'Etude des Problèmes de l'Energie, Uni/GE.
- [4] A. Mermoud, D. Pahud, O. Guisan (1991), Performances de l'installation de capteurs solaires Marcinhès, CISBAT'91, EPFL, LESO, Lausanne, p317-322.
- [5] D. Pahud, O. Guisan, B. Lachal, B. Matthey, A. Mermoud (1991), Stockage saisonnier de chaleur de 20'000m³ alimenté par des capteurs solaires, CISBAT'91, EPFL, LESO, Lausanne, p323-328.
- [6] D. Pahud, O. Guisan, B. Lachal, A. Mermoud, B. Matthey (1993), Etude d'un immeuble industriel avec systèmes solaires actifs, passifs et hybrides, EEB, Leinfelden-Echterdingen, Germany, CIB Proceedings Publ. 152, p523-528.
- [7] D. Pahud (1992), Etude, application et évaluation de la nouvelle Norme Européenne (EN) sur un bâtiment industriel. Cycle d'études postgrades en énergie, LASEN, EPFL, Lausanne.
- [8] European Standard, Thermal Performance of Buildings, Calculation of Energy Use for Heating, Residential Buildings (1992), European committee for Standardization, r. Stassart 36, B-1050 Brussels.