

PERFORMANCE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION



D'après le site
ddmagazine.com

Construire des immeubles de grande hauteur en bois est désormais possible. Jusqu'à présent, le bois assurait les ossatures et les charpentes des maisons individuelles. Les techniques de lamellé collé consistant à coller entre elles des lames de bois permettaient la construction d'immeubles collectifs de quatre étages. Depuis quelques années, il est possible de construire des immeubles d'une quinzaine d'étages grâce à la fabrication de panneaux porteurs par la technique de « cross laminated timber » (CLT).

D'après le site www.sciencesetavenir.fr

- Conductivité thermique de divers matériaux :

Matériau	Épicéa	Béton armé	Verre	Air	Argon
Conductivité thermique en $W.m^{-1}.K^{-1}$	0,11	2,2	1,2	0,026	0,018

- Dimensions d'un panneau CLT en épicéa :
longueur : 6,0 m
largeur : 3,0 m
épaisseur : 20 cm

1. Performance thermique de l'immeuble.

1.1. Résistance thermique du panneau CLT en épicéa.

1.1.1. Déterminer l'unité de la résistance thermique.

1.1.2. Déterminer la valeur de la résistance thermique du panneau CLT en épicéa.

1.1.3. Déterminer l'épaisseur de béton armé nécessaire pour obtenir une paroi de même surface que le panneau CLT et ayant les mêmes performances thermiques. Commenter le résultat.

1. Performance thermique de l'immeuble.

1.1. Résistance thermique du panneau CLT en épicéa.

1.1.1. La résistance thermique a pour expression $\frac{e}{\lambda.S}$.

Remplaçons chaque grandeur par son unité $\frac{m}{W.m^{-1}.K^{-1}.m^2} = K.W^{-1}$.

La résistance thermique s'exprime en $K.W^{-1}$.

$$1.1.2. R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$$

$$R_{th} = \frac{0,20}{0,11 \times 6,0 \times 3,0} = 0,10 K.W^{-1}$$

1.1.3. Pour obtenir les mêmes performances thermiques avec la même surface, il faut que la résistance thermique soit identique.

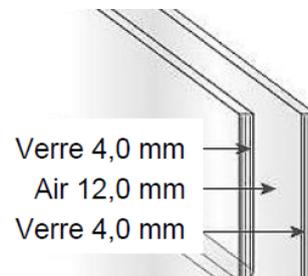
$$R_{th} = \frac{e_{béton}}{\lambda_{béton} \cdot S} = \frac{e_{panneau}}{\lambda_{épicéa} \cdot S}$$

$$e_{béton} = \frac{e_{panneau} \cdot \lambda_{béton}}{\lambda_{épicéa}}$$

$$e_{béton} = \frac{20 \times 2,2}{0,11} = 4,0 \times 10^2 \text{ cm} = 4,0 \text{ m d'épaisseur.}$$

Le béton est un très mauvais isolant thermique, il n'est pas réaliste de construire des murs d'une telle épaisseur.

1.2. Les fenêtres en bois de l'immeuble sont constituées d'un double vitrage composé de deux feuilles de verre de 4,0 mm d'épaisseur séparées par un espace hermétique clos renfermant 12,0 mm d'air. On étudie une fenêtre de surface $S = 4,0 \text{ m}^2$.



Règlementation en vigueur :

Le coefficient de transmission thermique U d'un vitrage doit être inférieur à un niveau maximal réglementaire de $2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Le coefficient de transmission thermique U d'une paroi homogène multicouche est l'énergie thermique qui traverse cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et pour une différence de température de 1°C entre la face interne et la face externe.

1.2.1. Citer le mode de transfert d'énergie prépondérant à travers le vitrage.
En donner une interprétation microscopique.

1.2.2. Déterminer la valeur du flux thermique traversant la fenêtre en double vitrage pour un écart de température de 10°C entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

1.2.1. On peut hésiter entre les trois modes de transfert ...

Il y a transfert par rayonnement, la lumière (photons) passe facilement à travers la fenêtre.

Il y a transfert par conduction, l'agitation thermique des molécules se transmet de proche en proche.

Il y a transfert par convection sur les vitres et dans l'air à l'intérieur du double vitrage. L'air chaud est moins dense et s'élève.

$$1.2.2. \Phi = \frac{T_1 - T_2}{\Sigma R_{th}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{th\text{Verre}} + R_{th\text{Air}}}$$

$$\text{Comme } R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S} \text{ alors } \Phi = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}} \cdot S} + \frac{e_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}} \cdot S}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{S} \cdot \left(\frac{e_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}}} + \frac{e_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}} \right)} = \frac{S \cdot (T_1 - T_2)}{\left(\frac{e_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}}} + \frac{e_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}} \right)}$$

$$\Phi = \frac{4,0 \times 10}{\left(\frac{2 \times 4,0 \times 10^{-3}}{1,2} + \frac{12,0 \times 10^{-3}}{0,026} \right)} = 85 \text{ W}$$

1.2.3. En supposant que seul le mode de transfert d'énergie prépondérant intervient, peut-on dire que ce vitrage respecte la réglementation ? Justifier.

1.2.4. Proposer, en justifiant, deux solutions pour améliorer les performances thermiques de ce vitrage.

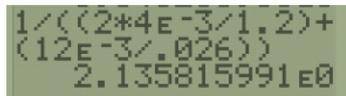
1.2.3. Pour respecter la législation, le coefficient de transmission thermique U doit être inférieur à $2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

Ce coefficient U correspond au flux pour une surface de 1 m^2 et une différence de température de 1°C ($=1 \text{ K}$).

D'après l'expression du flux établie $\Phi = \frac{S.(T_1 - T_2)}{\left(\frac{e_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}}} + \frac{e_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}}\right)}$, le coefficient de transmission vaut

$$U = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}}} + \frac{e_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}}\right)}$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{2 \times 4,0 \times 10^{-3}}{1,2} + \frac{12,0 \times 10^{-3}}{0,026}\right)} = 2,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$



Ce coefficient est supérieur à $2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, le vitrage ne respecte pas la réglementation.

1.2.4. Pour améliorer les performances thermiques, il faut augmenter la résistance thermique du vitrage.

On a $R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$ et on sait qu'il faut additionner les résistances des différentes couches.

On peut remplacer l'air par de l'argon dont la conductivité thermique λ est plus faible.

On peut aussi utiliser des feuilles de verre plus épaisses, ou une couche de gaz plus épaisse.

On peut le transformer en triple vitrage, ce qui consiste à ajouter une couche de verre et une couche de gaz.