

LE REFUGE DU GOÛTER, UN PROJET H.Q.E.

Le refuge du Goûter, situé à proximité du Mont Blanc à 3835 m d'altitude, est l'un des plus hauts refuges de montagne d'Europe. Sa construction répond à des normes Haute Qualité Environnementale (H.Q.E).

Cet exercice porte sur les performances énergétiques du bâtiment et sur les choix des matériaux par les concepteurs du projet afin de rendre cet habitat « passif ».



UN DES PLUS HAUTS CHANTIERS D'EUROPE

D'architecture ovoïde, conçu pour s'intégrer sur le plan technique et esthétique aux contraintes d'un environnement difficile, le refuge du Goûter préfigure une nouvelle génération de bâtiments. Ce chantier est un véritable défi architectural et technique puisqu'il s'agit de construire un bâtiment avec une structure en bois, sur quatre étages, avec un revêtement extérieur en inox et d'utiliser efficacement les technologies innovantes.

Mais c'est aussi un défi humain pour les ouvriers qui travaillent sur ce chantier hors norme, situé à 3835 m avec des contraintes climatiques. Les rafales de vent peuvent dépasser 250 km.h⁻¹. Les températures peuvent chuter à -35°C en hiver et -10°C en plein été.

Tout a été mis en œuvre pour faire de ce chantier un projet bas carbone, « pilote » sur le plan environnemental :

- structure en bois local des Alpes françaises (épicéa, sapin blanc et mélèze), majoritairement issu des forêts de Saint-Gervais (vallée proche du site) ;
- modules bois fabriqués dans la vallée et transportés par hélicoptère. Toute la structure a été pensée comme un « jeu de construction » géant pouvant être assemblé rapidement sur site. La masse maximale des éléments hélicoptérés sur site est de 550 kg. La fabrication en atelier est prévue pour réduire les temps de pose et faciliter la tâche aux ouvriers montant la structure ;
- recours aux énergies renouvelables (solaire, photovoltaïque, biomasse) et mise en place de technologies innovantes (gestion de l'électricité à distance, cogénération, fondoir à neige, traitement des eaux usées...).

Extrait du dossier de presse du site «le refuge du Goûter» juillet – Août 2012

UN MODÈLE DE FENÊTRE DÉVELOPPÉ SPÉCIFIQUEMENT POUR LE REFUGE DU GOÛTER

Pour répondre aux conditions climatiques extrêmes liées à cette altitude, un modèle de fenêtre très performant a été réalisé. Elle est constituée d'un triple vitrage et d'un survitrage spécifique. Pour l'isolation entre chaque vitre, l'argon a été choisi comme gaz plutôt que l'air, augmentant ainsi la résistance thermique de la fenêtre.

1. Les échanges thermiques s'effectuent selon trois modes. Associer, à chacune des définitions données ci-dessous, le nom du mode de transfert thermique correspondant :

- définition 1 : transfert d'énergie par ondes électromagnétiques, ne nécessitant pas de milieu matériel ;
- définition 2 : transfert d'énergie dans un milieu matériel, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température ;
- définition 3 : transfert d'énergie associé à des mouvements de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.

- Calculer, pour une surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique totale R_{th1} du triple vitrage d'une fenêtre du refuge, sachant que la résistance thermique totale du triple vitrage est la somme des résistances thermiques de chaque matériau constituant le triple vitrage.
- Dans le cas d'un triple vitrage utilisant l'air, et pour une même surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique de la fenêtre vaut $R_{th2} = 1,1 \text{ K.W}^{-1}$. Évaluer la variation de la résistance thermique suite à la substitution de l'air par l'argon (vieillesement des menuiseries).
 Comparer avec un simple vitrage de 12mm d'épaisseur (même quantité de verre utilisé)
- Augmenter (doubler) l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques du vitrage (Utiliser la question précédente) ? Justifier votre réponse. Quel est l'isolant thermique ?
- On maintient une température de 15°C à l'intérieur, calculer le flux thermique Φ perdu par l'ensemble des vitrages dans le pire cas.

Informations sur les fenêtres du refuge

Données : 120m^2 de surface vitrée



Matériau	Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
air	0,026
argon	0,017
verre de vitre	1,2

Fenêtre à triple vitrage

Composition du triple vitrage : - 2 lames d'argon de 14 mm d'épaisseur chacune ;
 - 3 vitres de 4 mm d'épaisseur chacune.

Apport théorique

La résistance thermique R_{th} (en K.W^{-1}) d'une paroi a pour expression :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$$

e : épaisseur de la paroi en m ; λ conductivité thermique en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

S : surface de la paroi en m^2 .

Caractéristiques de quelques matériaux

Matériau	Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	Masse volumique ρ ($\times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$)
acier inoxydable	26	7,8
béton plein	1,8	2,3
brique	0,84	2,1
pierre	3,5	2,7
sapin/épicéa	0,13	0,45
polystyrène	0,036	0,034
laine de verre	0,032	0,025
fibre de bois	0,038	0,2

Correction

Question1-

transfert thermique par rayonnement : transfert d'énergie par ondes électromagnétiques, ne nécessitant pas de milieu matériel ;

transfert thermique par conduction : transfert d'énergie dans un milieu matériel, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température ;

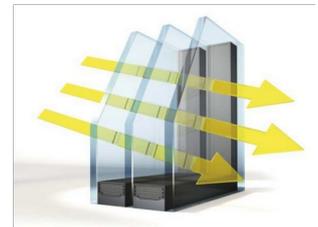
transfert thermique par convection : transfert d'énergie associé à des mouvements de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.

Question2-

Le flux de chaleur va traverser 3 lames de verre et 2 lames du gaz Argon

Chaque lame va jouer le rôle d'une résistance pour le flux thermiques.

Composition du triple vitrage : - 2 lames d'argon de 14 mm d'épaisseur chacune ; 3 vitres de 4 mm d'épaisseur chacune.



Calcul des résistances thermiques pour une surface de 1m² pour chaque type de matériau :

Résistance thermique vitrage

$$R_{ThV} = \frac{e}{\lambda S} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{1,2 * 1} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Résistance thermique Argon

$$R_{ThAr} = \frac{e}{\lambda S} = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{0,017 * 1} = 0,824 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Remarque : La résistance de la lame de verre est 250 fois plus faible que celle d'Argon

la résistance thermique totale : $R_{ThV/1m^2} = 3 * R_{ThV} + 2 * R_{ThAr} = 2 * R_{ThAr} = 1,65 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$ la résistance du vitrage n'intervient quasiment pas

Question3-

Si l'Argon vient à être remplacé par de l'air (menuiseries trop vieilles), la résistance thermique d'1 m² de fenêtre laissera passer 1,5 fois plus d'énergie ... $R_{Th-Vit-Argon} = 1,45 * R_{Th-Vit-Air}$

Si on compare la résistance d'un triple vitrage Argon à un simple vitrage (12mm de verre) : on utilise la même quantité de verre. La résistance thermique d'1 m² de fenêtre laissera passer 167 fois plus d'énergie ... $R_{Th-Vit-Argon} = 167 * R_{Th3V}$ où $R_{Th3V} = 3 * R_{ThV} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$

Question4-

à la question précédente, on voit que le verre a très peu d'influence. C'est l'épaisseur de gaz qui compte **remarque** : Si l'épaisseur de gaz est trop grande, la différence de température entre les lames de verre est trop grande, des courants de convection se créent et diminuent l'efficacité du vitrage

Question5-

La résistance totale des vitrages des refuges est telle que

$$R_{ThTot} = \frac{R_{ThV/1m^2}}{120} = 13,75 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} ;$$

En hiver, la perte d'énergie par les vitres peut atteindre

$$\Phi = \frac{T_{intérieur} - T_{Extérieur}}{R_{ThTot}} = \frac{15 - (-35)}{13,75 \cdot 10^{-3}} = 3640 \text{ W}$$