

# BILANS THERMIQUES

## Sujet 1 : Le Sauna – Métropole Septembre 2013

Un particulier souhaite installer un sauna\* chez lui à l'intérieur de sa maison. Il achète un poêle électrique spécifique et s'intéresse au matériau nécessaire à la construction de la pièce de **dimensions 2,0 m x 2,0 m x 3,0 m**. Le poêle est constitué d'une résistance chauffante. Des pierres sont posées sur l'appareil : elles ont pour but de générer de la vapeur lorsqu'on y verse de l'eau.

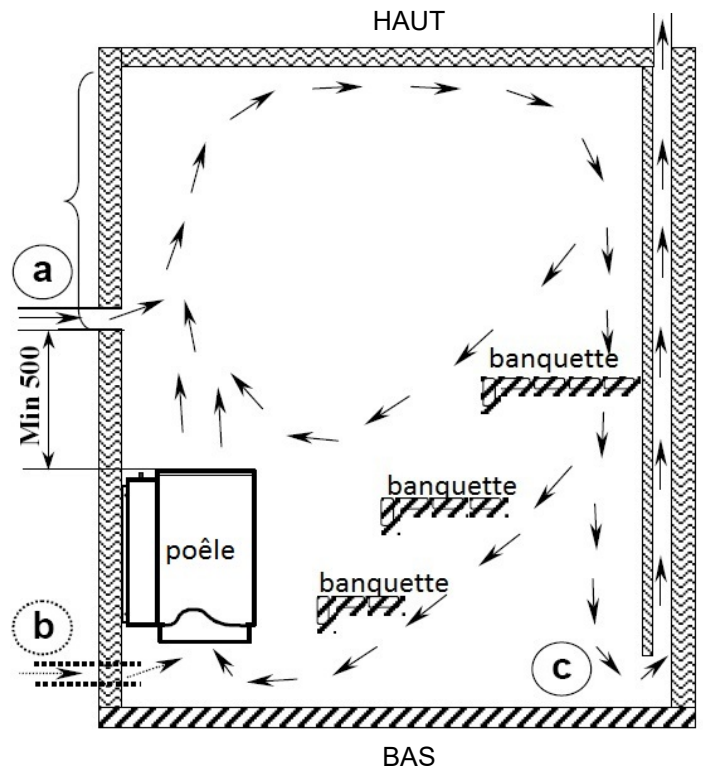
Extraits de la notice du poêle électrique fournie par le constructeur (traduits du suédois) :

### L'aération du sauna :

L'air frais est dirigé directement de l'extérieur par un tuyau placé 500 mm au dessus du poêle (a) vers le sauna. L'air frais peut aussi être envoyé sous le poêle près du sol (b). Dans l'alimentation en air frais, il est essentiel de veiller à ce que celui-ci se mélange le plus efficacement possible à l'air chaud et à la vapeur du sauna. L'air évacué est dirigé vers l'extérieur par une trappe située sous les banquettes (c), le plus loin possible de l'arrivée d'air frais.

### Durée du préchauffage du sauna :

La durée de préchauffage du sauna est le laps de temps nécessaire pour chauffer le sauna à la température souhaitée pour la séance. Ce temps dépend notamment de la température voulue (la position de réglage de la température), de la quantité de pierre, du volume du sauna, et des matériaux constituant les parois du sauna. Moins on utilise de pierre, plus le sauna chauffe vite. Cependant, une plus petite quantité de pierre ne donne pas autant de vapeur. La durée de préchauffage varie en général entre 40 et 70 minutes.



Vue en coupe verticale du sauna

### Caractéristiques techniques du poêle :

Poêle modèle SUPER 10	Poêle puissance kW	Volume du sauna		Poids sans pierre kg	Quantité de pierres (max) kg	Dimensions du poêle		
		min m <sup>3</sup>	max m <sup>3</sup>			largeur mm	profondeur mm	hauteur mm
DI 10	10,00	8,0	15,0	16	22	Ø370	450	590

Capacité thermique massique  $c$ , conductivité thermique  $\lambda$  et masse volumique  $\rho$  de quelques matériaux

Matériau	$c$ en J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	$\lambda$ en W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	$\rho$ en kg.m <sup>-3</sup>
Béton	1008	1,75	2200
Bois Massif Pin Douglas (PBM)	2400	0,15	450
Plâtre	1008	0,43	800
Verre	800	1,15	2530
Stéatite	980	6,4	2980
Panneau Laine de Bois (LB)	x	0,038	x

## 1. Les transferts thermiques mis en jeu lors du chauffage

1. Un transfert thermique peut s'effectuer suivant trois modes. Citer les trois modes de transfert thermique qui permettent de céder de l'énergie thermique.  
Prenez exemple des types de transferts thermiques principaux mis en jeu lors du chauffage par le poêle de l'air ambiant ou des pierres.
2. Que symbolisent les flèches représentées sur la figure 1 de la notice du constructeur ?
3. Qu'entend-on par l'expression « sens naturel » pour un transfert thermique ? Citer un exemple qui ne respecte pas ce sens naturel.
4. Donner une raison justifiant le choix de l'emplacement de l'entrée de l'air. Même question pour le choix de l'emplacement de la sortie de l'air.
5. En s'appuyant sur les caractéristiques du poêle choisi, montrer que ce choix est adapté aux besoins du particulier.

## 2. Energie interne : Les pierres posées sur le poêle

Les pierres utilisées sont souvent d'origine volcanique car elles n'éclatent pas sous les chocs thermiques. C'est le cas de la stéatite.

6. On fait l'hypothèse que lors du préchauffage, la puissance du poêle est intégralement utilisée pour le chauffage des pierres d'origine volcanique.  
Rappeler le premier principe de la thermodynamique et à l'aide des caractéristiques électriques du poêle, déterminer la durée  $\Delta t$  nécessaire pour porter une masse  $m = 20$  kg de pierre, de la température de  $25^\circ\text{C}$  à la température de  $250^\circ\text{C}$  atteinte par les pierres à l'issue du préchauffage.
7. D'après la notice, l'hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.

## 3. Les matériaux pour la construction de la pièce - Echanges thermiques à travers la paroi par conduction uniquement.

Le particulier hésite entre le bois de sapin et le béton pour les parois de son sauna.

Dans un premier temps, on va simplifier la situation, en considérant que seuls les échanges thermiques par conduction interviennent.

8. Donner la définition et les formules pour calculer le flux thermique. Exprimer l'unité du flux thermique  $\Phi$  en fonction des unités du système international (mètre, kilogramme et seconde). Avec quelle unité exprime-t-on généralement, plus usuellement, le flux thermique ?
9. Rappeler la relation qui permet de calculer la résistance thermique  $R_{\text{Th}}$  d'une paroi de surface  $S$ , d'épaisseur  $e$  et constitué d'un matériau de conductivité thermique  $\lambda$ .
10. Vérifier la cohérence des unités dans l'expression de la résistance thermique.
11. Pour une surface donnée à isoler, expliquer qualitativement dans quel sens doivent évoluer les caractéristiques d'une paroi pour augmenter l'isolation de l'habitation.
12. Comparer le flux thermique traversant une paroi de bois de sapin et une paroi de béton sans effectuer de calcul numérique. Formuler un conseil au particulier.
13. Quelle serait l'épaisseur d'une paroi en béton pour que, en termes d'isolation thermique, elle soit équivalente à une paroi en sapin de 5,0 cm d'épaisseur ?

Finalement un compromis est d'utiliser des parpaings en bois massif font 10 cm d'épaisseur. L'espace de 10 cm entre les PBM est prévu pour la pose d'une isolation en laine de bois. On poursuit l'étude pour un pan de mur de surface  $S = 10,0 \text{ m}^2$ . On souhaite maintenir la température intérieure du sauna à  $\Theta_i = 50^\circ\text{C}$ . La température extérieure du spa (intérieur de la maison) est de  $\Theta_e = 20^\circ\text{C}$ .

14. On rappelle que dans le cas d'une paroi formée de plusieurs couches de matériaux différents, la résistance thermique totale est la somme des résistances des différentes couches  
Calculer la résistance thermique totale de la paroi étudiée. Evaluer alors le flux thermique  $\phi_1$  sortant de la pièce.
15. Comparer la valeur à celle obtenue en considérant les PBM sans la couche de laine de bois.