

Exercices-activité sur les transferts thermiques d'énergie

I Pour vous aider à apprendre votre cours

Connaissez-vous bien votre cours ? Répartir vos connaissances selon les 6 points suivants distinctement pour ne pas tout mélanger :

- 1) Quels sont les modes de transfert thermique ? Donner un exemple pour chacun d'eux. Donner leur interprétation au niveau macroscopique. Puis au niveau microscopique. S'assurer d'une bonne rédaction.
- 2) Quelle est l'équation du bilan d'énergie pour un système donné ? A quoi correspond chacun des termes ?
- 3) Qu'est-ce que l'énergie interne d'un système ? Qu'est-ce qu'un système condensé ? Quelle(s) relation(s) est à connaître concernant la variation d'énergie interne d'un système condensé ? Quels sont les unités et les significations physiques des grandeurs intervenant dans ces relations ?
- 4) Quelle est la définition du flux thermique ? Son unité ? Sa signification ? Pourquoi introduit-on cette grandeur ? On peut aussi définir un flux thermique surfacique à travers une paroi plane. Quelle serait sa définition, son unité et sa signification physique ?
- 5) Lorsqu'on regarde le flux thermique à travers une paroi, la loi phénoménologique de Fourier conduit à une égalité entre flux et différence de température et de part et d'autre de la paroi. Quelle est cette égalité ? Est-elle intuitive ? Quelle nouvelle grandeur est introduite ? Quelle est l'analogie électrique ?
- 6) En allant plus loin dans le raisonnement (limite programme), la résistance thermique d'une paroi plane dépend de plusieurs paramètres de cette paroi, lesquels ? Quel est le lien entre eux ? La signification de chacun d'eux ?

Bien faire la différence entre la capacité (massique) thermique d'un matériau et sa conductivité thermique !! Ces deux grandeurs ne traduisent pas les mêmes propriétés.

Attention !! Lors d'un bilan énergétique, comme en mécanique, ne surtout pas oublié de choisir et d'annoncer le SYSTEME étudié car sinon.

Pour chaque question, se demander au(x)quel(s) des 6 point précédents cette question se rapporte-t-elle avant de la commencer.

II Exercices

Exercice 1 : 12 p 375, faire un effort de rédaction même pour un petit exercice comme celui-là. Idem pour les suivants.

Exercice 2 (d'après bac)

Une bouilloire électrique, de puissance électrique 1500 W, porte 0,40 L d'eau initialement à la température de 18°C à 85°C en 1 min 20 s. Établir un bilan énergétique, sous forme de schéma, pour la bouilloire (plus exactement pour sa « résistance ») puis calculer le rendement énergétique de cette bouilloire.

Données :

Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$

$T_{(\text{K})} = \theta_{(\text{C})} + 273$

Exercice 3 : 22 p 379

Exercice 4 : 25 p 379

Exercice 5 : 20 p 378 avec un changement d'état...

Exercice 6 ; étude d'un sauna

La pratique du sauna est une tradition finlandaise vieille de plus de deux mille ans. À l'origine, il s'agissait de s'installer dans une petite cabane en bois dont on chauffait l'atmosphère avec des pierres brûlantes. De nos jours, la pratique du sauna peut avoir lieu dans une pièce équipée d'un poêle électrique (figure 1) dans laquelle on prend un bain de vapeur sèche. Parmi ses nombreuses vertus, on peut citer la stimulation de la circulation sanguine et l'élimination de la fatigue.

Un particulier souhaite installer un sauna* chez lui. 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.

*le terme « sauna » qualifie également la pièce dans laquelle est pratiquée cette tradition ancestrale.

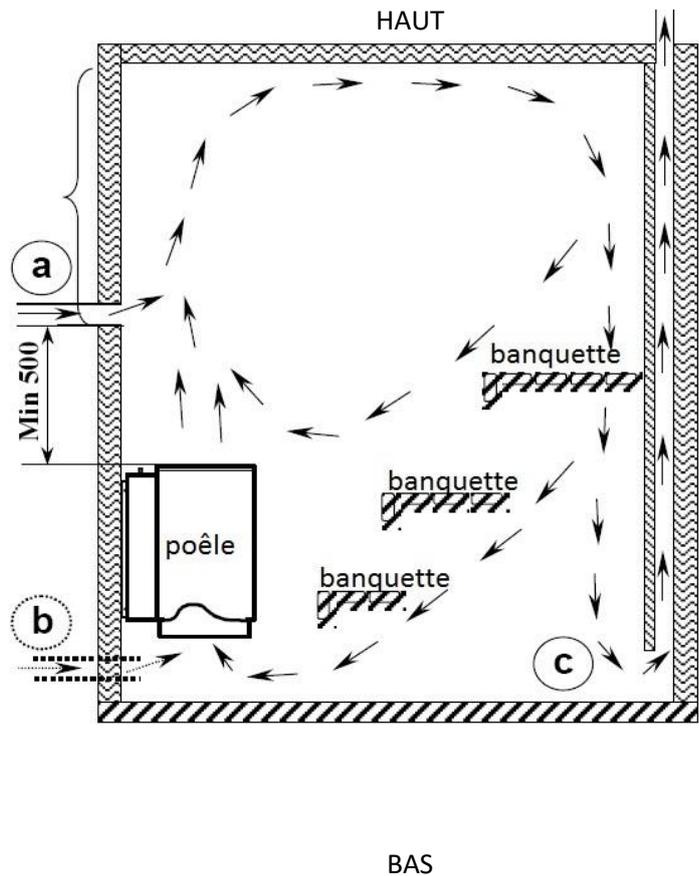
Extraits de la notice du poêle électrique fournie par le constructeur (traduits du suédois) :

L'aération du sauna :

L'air frais est dirigé directement de l'extérieur par un tuyau d'environ 100 mm de diamètre 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



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 ³	max m ³			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 λ et masse volumique ρ de quelques matériaux :

Matériau	c en J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	λ en W.m ⁻¹ .K ⁻¹	ρ en kg.m ⁻³
Béton	1008	1,75	2200
Sapin	2400	0,15	450
Plâtre	1008	0,43	800
Verre	800	1,15	2530
Stéatite	980	6,4	2980

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

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

λ : conductivité thermique en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

e : épaisseur de la paroi en m

S : surface de la paroi en m^2

Le **flux thermique** Φ (en W) correspond à une énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps. Si ΔT est l'écart de température de part et d'autre de la paroi, le flux thermique à travers cette paroi est exprimé par :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

I Les transferts thermiques mis en jeu lors du chauffage

1) Caractériser chacun des types de transferts thermiques principaux mis en jeu lors du chauffage par le poêle de l'air ambiant ou des pierres. Pour cela, recopier et compléter le tableau suivant :

	Chauffage par le poêle de l'air de la pièce	Chauffage par le poêle des pierres
Mode de transfert thermique principal		
Avec ou sans déplacement de matière		

2) Que symbolisent les flèches représentées sur la figure 1 de la notice du constructeur ?

3) 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.

4) En s'appuyant sur les caractéristiques du poêle choisi, montrer que ce choix est adapté aux besoins du particulier.

II Les matériaux pour la construction de la pièce

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

1) 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.

2) 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 ?

III 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.

1) On fait l'hypothèse que lors du préchauffage, la puissance du poêle est intégralement utilisée pour le chauffage des pierres d'origine volcanique. À l'aide des caractéristiques électriques du poêle, déterminer la durée Δt nécessaire pour porter une masse $m = 20$ kg de pierre, de la température de $25^\circ C$ à la température de $250^\circ C$ atteinte par les pierres à l'issue du préchauffage.

2) D'après la notice, l'hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.