

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## PRODUCTIQUE BOIS

SESSION 2007

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES  
durée : 2 heures - coefficient : 1,5

Le sujet comprend 8 pages, numérotées de 1 à 8  
Les pages annexes 7 et 8 sont à rendre avec la copie

*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies. L'usage de la calculatrice est autorisé.*

CODE : PBABSC

## PROBLEME 1 : Étude énergétique d'une machine électrique dans un atelier industriel.

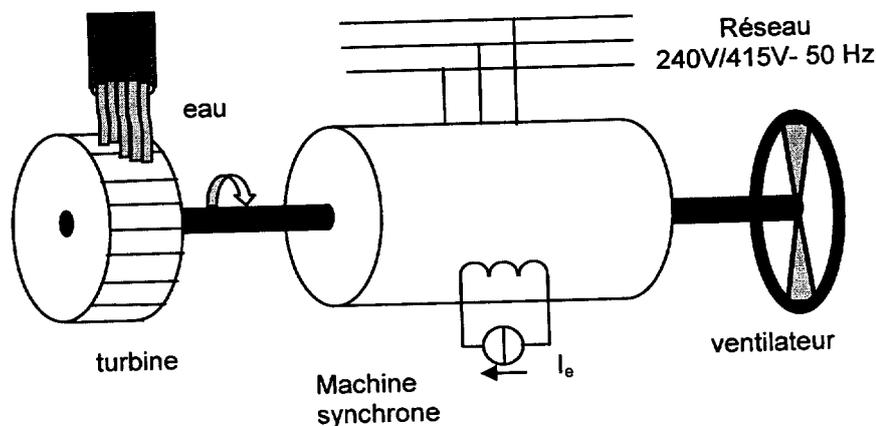
Son atelier de production étant situé en bordure d'un cours d'eau, une entreprise de deuxième transformation du bois a conçu un projet d'équipement complémentaire susceptible de procurer différents avantages sur le plan énergétique.

Une machine synchrone était jusque là utilisée pour assurer l'entraînement du ventilateur de l'aspiration centralisée.

L'entreprise envisage de faire évoluer ce dispositif de la façon suivante:

Une turbine hydraulique, alimentée en eau par la rivière, est couplée mécaniquement à la machine synchrone triphasée reliée au réseau électrique (voir figure ci-dessous). Cette machine peut fonctionner selon deux modes de conversion d'énergie: en moteur ou en alternateur. L'ensemble alimente le ventilateur. Les trois machines sont sur le même axe mécanique.

Le courant continu d'excitation de la machine synchrone a une intensité notée  $I_e$  qui vaut  $I_{en}$  au régime nominal de fonctionnement.

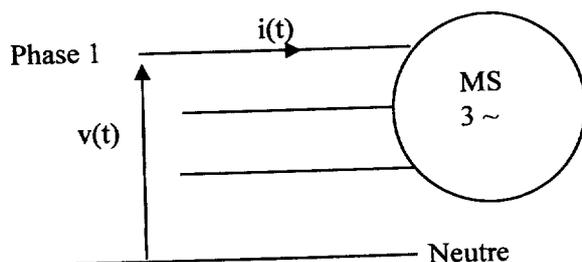


Le ventilateur oppose un couple résistant constant de moment  $T_v$ ; la puissance mécanique nominale absorbée par ce ventilateur est alors  $P_v = 8 \text{ kW}$ .

La puissance mécanique fournie par la turbine varie entre 0 et 15 kW selon le débit de l'eau dans la rivière.

Dans tout le problème on notera  $\varphi$  le déphasage d'une tension simple  $v(t)$  du réseau par rapport à l'intensité  $i(t)$  du courant dans un fil de ligne.  $\varphi$  pourra être positif ou négatif.

La machine synchrone, hexapolaire (le nombre de paires de pôles vaut 3) est couplée en étoile sur le réseau triphasé 240V/ 415V – 50 Hz

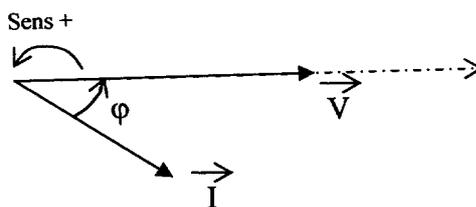


**Aucune connaissance spécifique sur le fonctionnement de la machine synchrone en alternateur n'est exigée.**

## PARTIE A : régime de basses eaux de la rivière.

La puissance mécanique fournie par la turbine est  $P_t = 0$  kW. L'intensité du courant d'excitation de la machine synchrone est réglée à la valeur  $I_{en}$ . Le ventilateur est entraîné à son régime nominal.

- A.1 Quelle est la fréquence  $n$  de rotation de la machine ? Donner son expression littérale et sa valeur numérique exprimée en tours.min<sup>-1</sup> et en rad.s<sup>-1</sup>.
- A.2 Déterminer la valeur numérique du moment du couple  $T_v$  opposé par le ventilateur.
- A.3 Pour ce point de fonctionnement, le rendement énergétique  $\eta$  de la machine synchrone vaut 0,95. Quelle est la valeur de la puissance active  $P_a$  absorbée par cette machine ?
- A.4 Quel est le mode de fonctionnement de la machine synchrone ?
- A.5 Une mesure du facteur de puissance donne:  
 $\cos \varphi = 0,90$ .  
Calculer la valeur efficace  $I_{eff}$  de  $i(t)$  dans un enroulement.
- A.6 Que vaut, en grandeur et en signe, la valeur de la puissance réactive  $Q_a$  absorbée par la machine synchrone ?



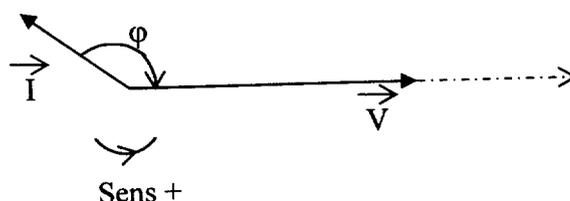
## PARTIE B : régime de hautes eaux de la rivière.

La puissance mécanique fournie par la turbine est alors  $P_t = 15$  kW. Cette puissance se répartit entre la machine synchrone et le ventilateur. Celui-ci fonctionne à son régime nominal  $P_v = 8,00$  kW. La machine synchrone est toujours couplée électriquement au réseau. Les mesures de débit de l'eau de la rivière et du facteur de puissance de l'atelier permettent de régler automatiquement l'intensité du courant d'excitation de la machine synchrone à une valeur  $I_e > I_{en}$  (machine surexcitée).

- B.1 Bilan de puissance.
- Que vaut la puissance mécanique  $P_m$  **reçue** par la machine synchrone ?
  - Quel doit être alors le mode de fonctionnement de la machine synchrone ?
  - Comment définir le rendement énergétique  $\eta'$  de la machine synchrone dans ce mode de fonctionnement ?
  - On suppose que :  $\eta' = 0,95$ . En déduire la valeur de la puissance active  $P'_a$  **fournie** au réseau par la machine synchrone.

La mesure du déphasage de la tension  $v(t)$  par rapport à l'intensité  $i(t)$  donne  $\varphi = -140^\circ$ .

- B.2 Que vaut alors l'intensité efficace  $I_{eff}$  du courant dans un enroulement de la machine synchrone ?  
Rem : la valeur efficace d'une intensité est une grandeur de signe toujours positif.



- B.3 En déduire, en grandeur et en signe, la valeur de la puissance réactive  $Q'_a$  **absorbée** par la machine synchrone.
- B.4 Expliquer par une phrase quel peut être alors l'intérêt de ce dispositif.  
Existe-t-il d'autres solutions ? lesquelles ?

## PROBLEME 2 : Etude thermique d'un local

Les deux parties A et B sont indépendantes.  
Les annexes 3 et 4 sont à rendre avec la copie

Le problème a pour but de comparer les différentes possibilités d'isolation thermique d'un local.

### A. Refroidissement d'un local

On suppose que la température à l'extérieur d'un local est constante :  $\theta_{\text{ext}} = 0^\circ\text{C}$ . La température à l'intérieur est  $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$ .

- A.1 Quand on coupe le chauffage, la température diminue. Un capteur de température et une carte d'acquisition liée à un ordinateur permettent de faire le relevé de température en fonction du temps donné en **annexe 1**.

Déterminer graphiquement la température  $\theta_1$  du local au bout d'une durée de 2h.

- A.2 L'ingénieur thermique chargé de l'étude de ce local modélise cette variation de température à l'aide de l'expression suivante :

$$\theta_{\text{int}}(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{ext}})e^{-a \cdot t} + \theta_{\text{ext}}$$

La durée  $t$  est exprimée en heure. Vérifier pour l'instant  $t = 0$  et pour un temps très long, que l'expression ci-dessus est cohérente avec le relevé de mesures.

- A.3 Comment peut-on expliquer cette évolution de la température au cours du temps ?

### B. Fuites thermiques dans les parois du local.

Pour toute cette partie, les calculs demandés seront détaillés sous forme littérale.

- B.1 Quels sont les trois modes de transfert thermique ? Les présenter brièvement.

- B.2 Le local comporte 4 murs, 2 fenêtres, une porte et un toit, selon le schéma donné en **annexe 2**. On négligera le transfert thermique par le sol.

Deux solutions désignées par les numéros 1 et 2 sont envisagées pour la conception de chaque élément constituant le local.

Caractéristiques des différents éléments composant le local

Murs		Fenêtres		Toit		Porte	
M1	M2	F1	F2	T1	T2	P1	P2
-Une couche de mortier de 2 cm, -un parpaing de 20 cm, -4 cm de polystyrène expansé, -2 cm de placoplâtre	-10 cm de bois de sapin, -10 cm de polystyrène expansé, -5 cm de bois de pin	-Double vitrage composé de 6 mm de verre, -12 mm d'air sec, -6 mm de verre	Vitrage composé de 10 mm de verre	Tuile en terre cuite de 4 cm d'épaisseur	-Tuile en terre cuite de 4 cm d'épaisseur, - une couche de laine de verre de 10 cm	Plaque en tôle de fer de 2 mm d'épaisseur	Porte en pin de 5 cm d'épaisseur

B.2.a En vous aidant **du tableau 1 (annexe 4 - à rendre avec la copie)** et **de l'abaque 1 (annexe 3 - à rendre avec la copie)**, déterminer les résistances thermiques de 4 cm de polystyrène expansé, de 10 cm de polystyrène expansé et de 20 cm de parpaing.

On fera apparaître clairement la construction graphique utilisée.

Compléter les trois cases grisées du **tableau 1** de **l'annexe 4 à rendre avec la copie**.

B.2.b Calculer les valeurs des résistances thermiques des murs pour chacune des possibilités M1 et M2. Compléter les deux cases grisées de la colonne correspondante, dans le **tableau 2** de **l'annexe 4 à rendre avec la copie**. Les calculs devront être détaillés littéralement puis numériquement.

B.2.c Pour une température extérieure de  $\theta_{\text{ext}} = 0^\circ\text{C}$  et une température intérieure de  $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$ , calculer le flux thermique passant à travers les murs pour les deux compositions M1 et M2. Compléter les deux cases grisées de la colonne correspondante du **tableau 2** de **l'annexe 4 à rendre avec la copie**.

B.2.d Calculer la puissance thermique perdue à travers les murs pour les deux possibilités M1 et M2. Compléter les deux cases grisées de la dernière colonne du **tableau 2** de **l'annexe 4 à rendre avec la copie**.

B.2.e Trouver l'association {mur, fenêtre, porte, toit} qui correspond au local ayant le moins de pertes thermiques. Calculer la puissance thermique totale perdue dans ce cas.

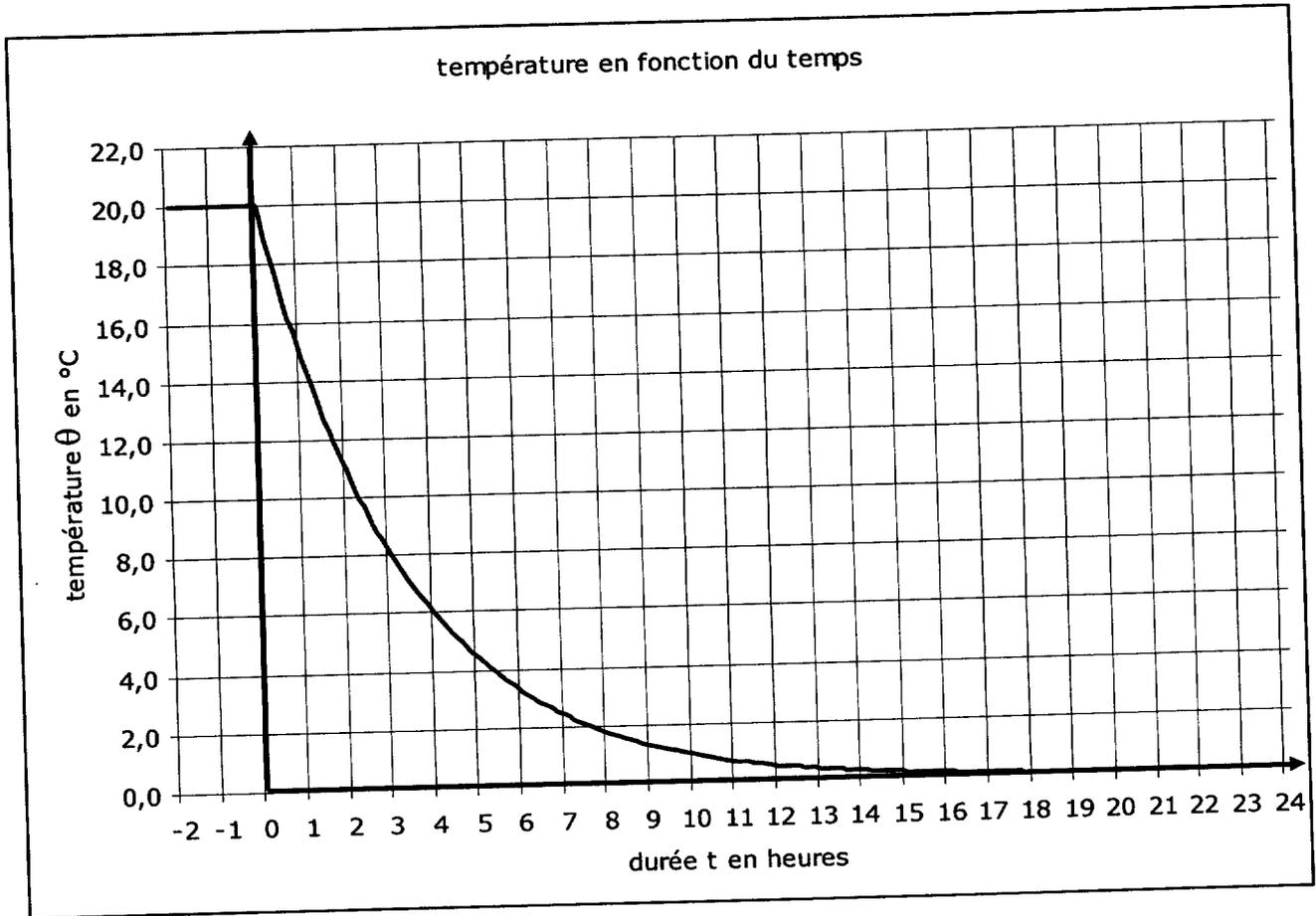
B.2.f On considère que la perte de puissance thermique s'effectue sur une durée de 3 mois (un mois possédant 30 jours). On compense, pendant ce laps de temps, cette perte par un système de chauffage électrique. Le prix du kWh est de 0,0765 euro. Calculer alors le coût du fonctionnement en électricité de l'installation.

## ANNEXE 1

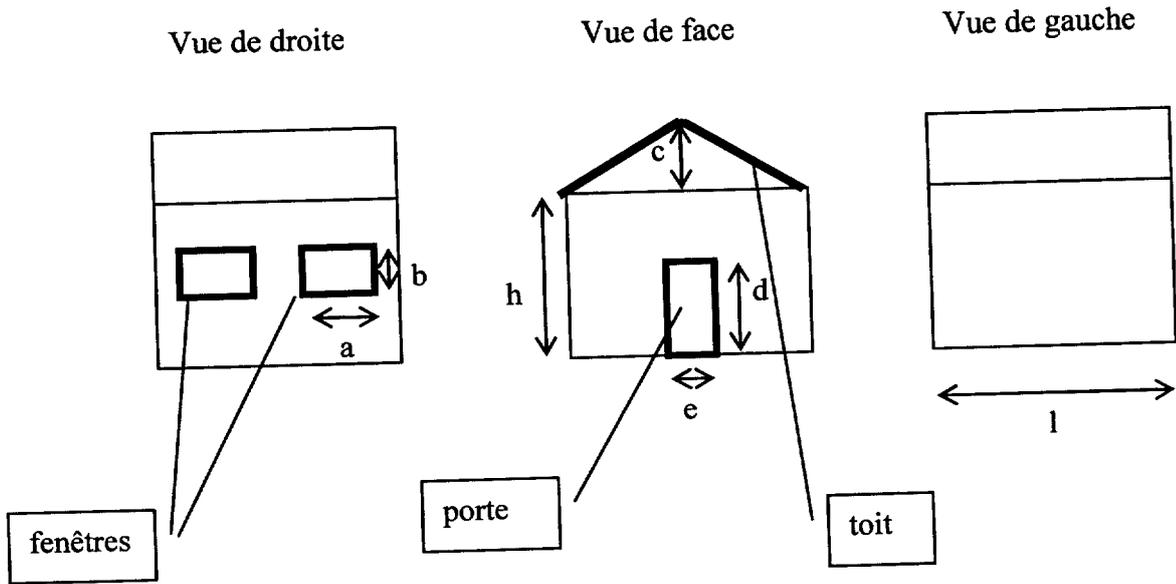
Courbe représentative de la fonction :

$$\theta_{\text{int}}(t) = \theta_0 \text{ pour } t \leq 0$$

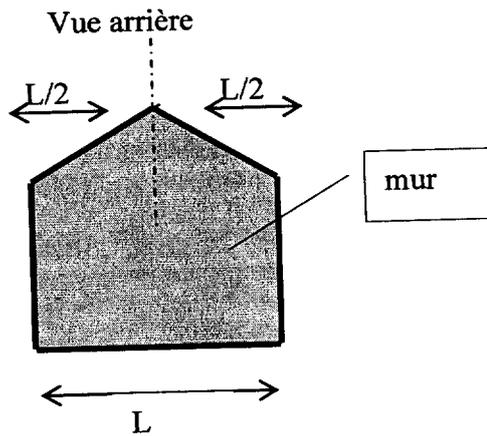
$$\theta_{\text{int}}(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{ext}})e^{-axt} + \theta_{\text{ext}} \text{ pour } t \geq 0$$



## ANNEXE 2

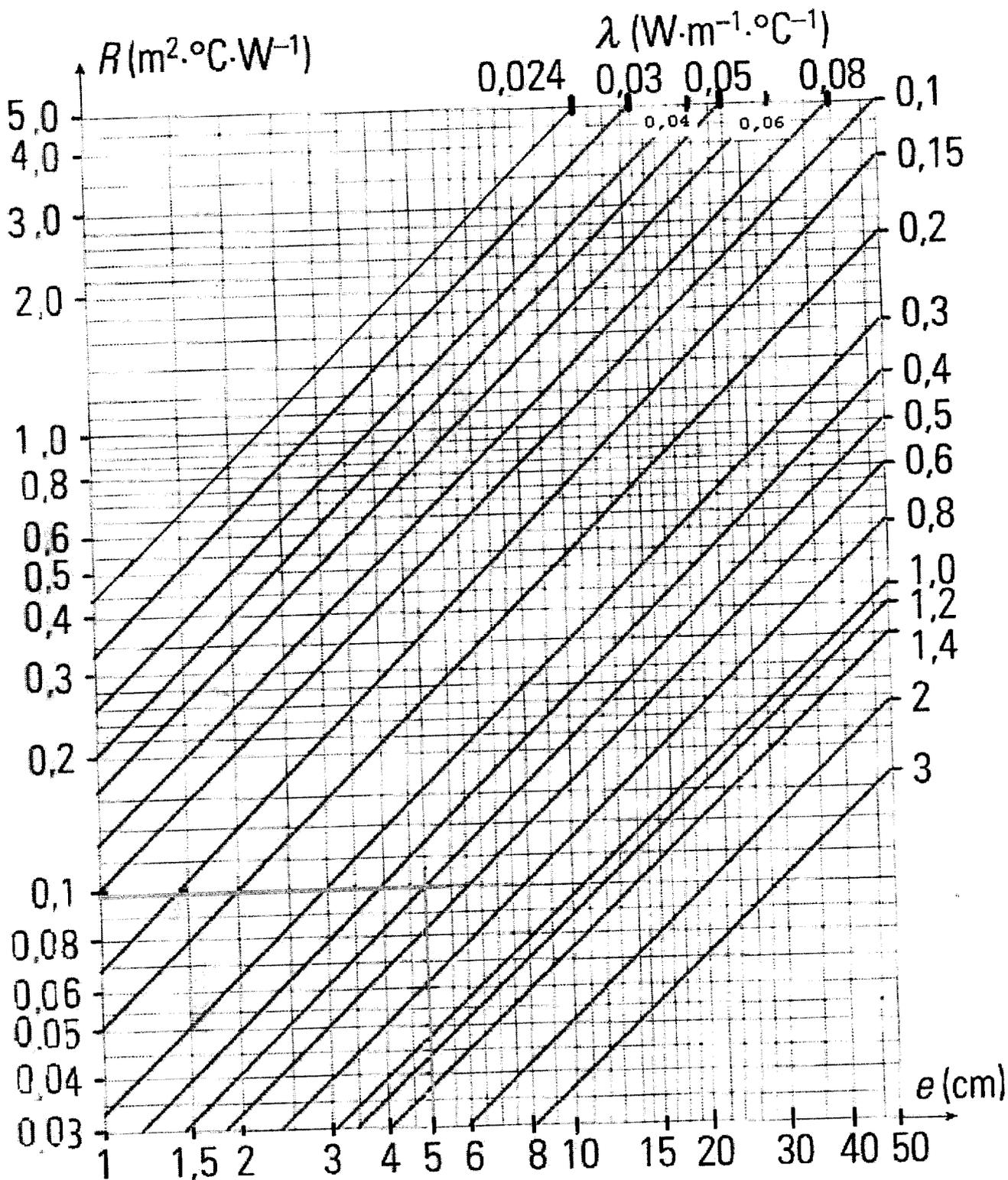


a=1m  
b=1m  
c=2m  
d=2m  
e=1m  
h=4m  
L=6m  
l=6m



**ANNEXE 3 : A RENDRE AVEC LA COPIE**

**Abaque 1**



## ANNEXE 4 : A RENDRE AVEC LA COPIE

**Tableau 1**

Matériau	Conductivité thermique $\lambda$ ( $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )	Epaisseur e		Résistance thermique R ( $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$ )	
air sec au repos	0,024	12 mm		0,50	
Polystyrène expansé	0,040	40 mm	10 cm		
laine de verre	0,041	10 cm		2,6	
bois de pin	0,14	50 mm		0,33	
bois de sapin	0,18	10 cm		0,57	
placoplâtre	0,46	20 mm		$45.10^{-4}$	
verre	1,13	6,0 mm	10 mm	$5,3.10^{-3}$	$8,9.10^{-3}$
terre cuite	1,15	40 mm		$37.10^{-3}$	
mortier	1,15	20 mm		$1,74.10^{-2}$	
parpaing	1,20	20 cm			
fer	72	2,0 mm		$2,8.10^{-5}$	

**Tableau 2**

		Résistance thermique $R_i$ ( $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$ )	Flux thermique $\Phi$ ( $\text{W.m}^{-2}$ )	Surface occupée S ( $\text{m}^2$ )	Puissance thermique P (W)
murs	M1			104	
	M2				
fenêtres	F1	0,68	29,4	2	58,8
	F2	0,18	111		222
toit	T1	0,21	96,6	43,3	$41,8.10^2$
	T2	2,81	7,11		307
porte	P1	0,17	117	2	234
	P2	0,50	40,4		80,8