

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

CHARPENTE COUVERTURE

SESSION 2007

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures - coefficient : 1,5

Le sujet comprend 9 pages, numérotées de 1 à 9
Les pages annexes 7, 8 et 9 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 : CCE3SC

21

PROBLEME 1 : Etude thermique d'un local

Les trois parties A, B et C 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 θ_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**.

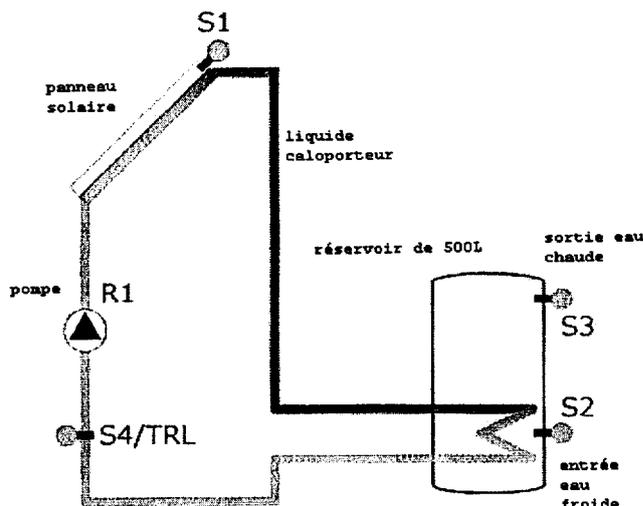
B.2.e Trouver l'association {mur, fenêtre, porte, toit} qui correspond au local ayant le moins de pertes thermiques. Calculer la puissance thermique totale perdue dans ce cas.

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.

C. Chauffage solaire du local

Une chaudière solaire est constituée :

- d'un panneau solaire
- d'un liquide caloporteur composé d'eau et de 10% de glycol, de capacité thermique $C_{\text{liquide}} = 3800 \text{ J.kg}^{-1} .\text{K}^{-1}$
- d'un réservoir de 500 L d'eau dont la capacité thermique est $C_{\text{eau}} = 4,18.10^3 \text{ J .kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$.
(Voir le schéma ci-dessous)



- C.1 Calculer l'énergie thermique Q nécessaire pour chauffer un volume $V = 500$ L d'eau de la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ à la température $\theta_2 = 85^\circ\text{C}$. On rappelle la valeur de la masse volumique de l'eau :

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

- C.2 Cette énergie thermique est fournie par le liquide caloporteur. En considérant que les conduits d'acheminement occasionnent une perte énergétique de 20%, calculer l'énergie E_{pan} que doit fournir le système panneau solaire/pompe/liquide caloporteur pour fournir au réservoir d'eau l'énergie précédente.

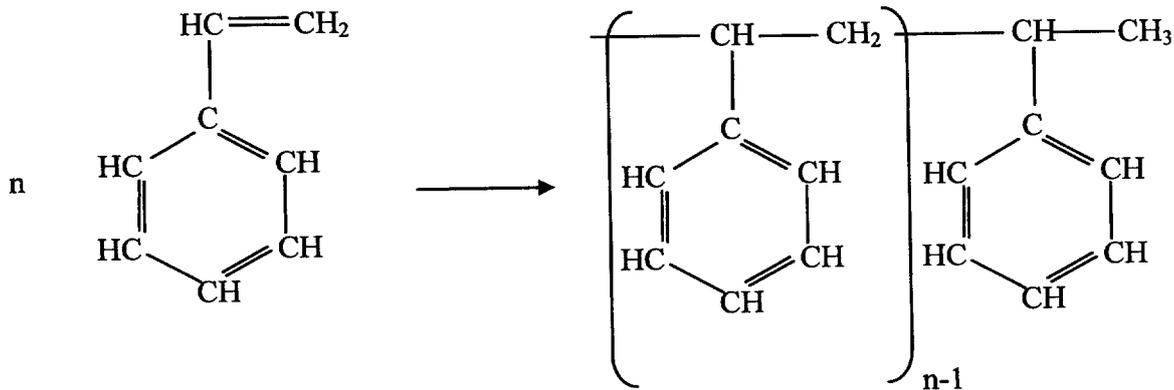
- C.3 On utilise cette chaudière solaire pour chauffer l'eau qui circule dans des radiateurs. Quand l'eau rentre dans un radiateur avec une température $\theta_3 = 80^\circ\text{C}$, elle en ressort à la température $\theta_4 = 30^\circ\text{C}$. Le débit massique est $q_m = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.s}^{-1}$.

Calculer la puissance thermique P_r transférée par ce radiateur, sachant que la capacité thermique de l'eau est : $C_{\text{eau}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- C.4 On souhaite équiper le local de radiateurs. Combien de radiateurs faut-il prévoir si le local perd une puissance thermique de $P_{\text{th}} = 5800 \text{ W}$?

C.4.a PROBLEME 2 : CHIMIE : LE POLYSTYRENE

La réaction de synthèse du polystyrène peut s'écrire



1. Identifier en entourant de différentes couleurs sur le document proposé en **annexe 5- à rendre avec la copie** :

- le polymère
- le motif élémentaire
- le monomère : le styrène.

2. Donner la formule brute du styrène et calculer sa masse molaire moléculaire. En déduire une valeur approchée de la masse molaire moléculaire du polystyrène si $n = 10000$.

3. Définir les termes polyaddition et polycondensation et indiquer à quel type correspond la réaction précédente. Justifier.

4. Donner un exemple de polymère de condensation d'origine naturelle.

Le polystyrène est un matériau dur et transparent ressemblant à du verre. Sous cette forme c'est un mauvais isolant thermique. Il est rarement utilisé tel quel. La polymérisation du styrène peut aussi être effectuée en présence d'autres réactifs. Le but étant de produire simultanément des bulles de gaz carbonique.

5. Quel aspect prend alors le matériau obtenu ?

6. Quel est l'intérêt de cette modification de structure ?

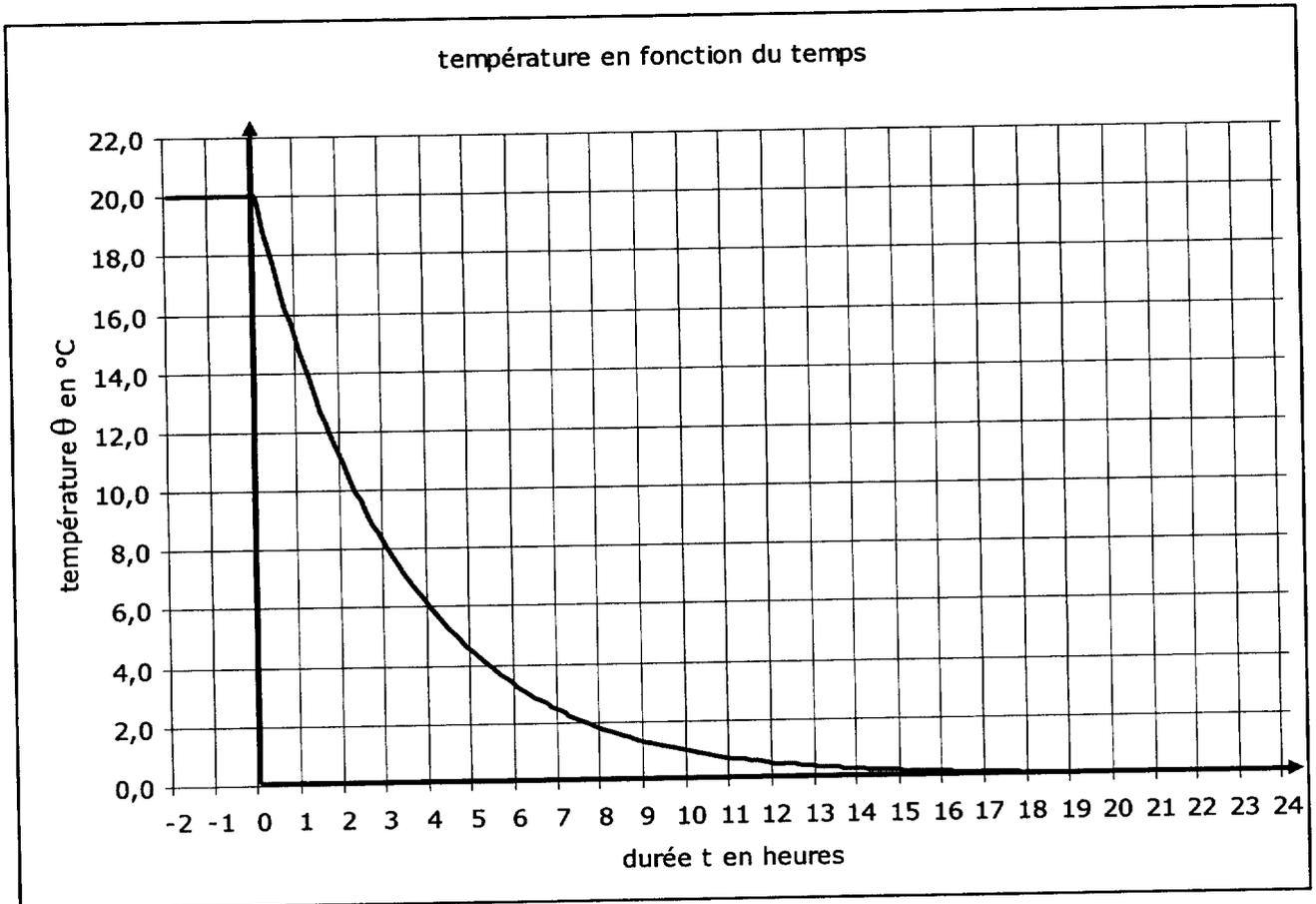
Données : masses molaires moléculaires : $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$

ANNEXE 1

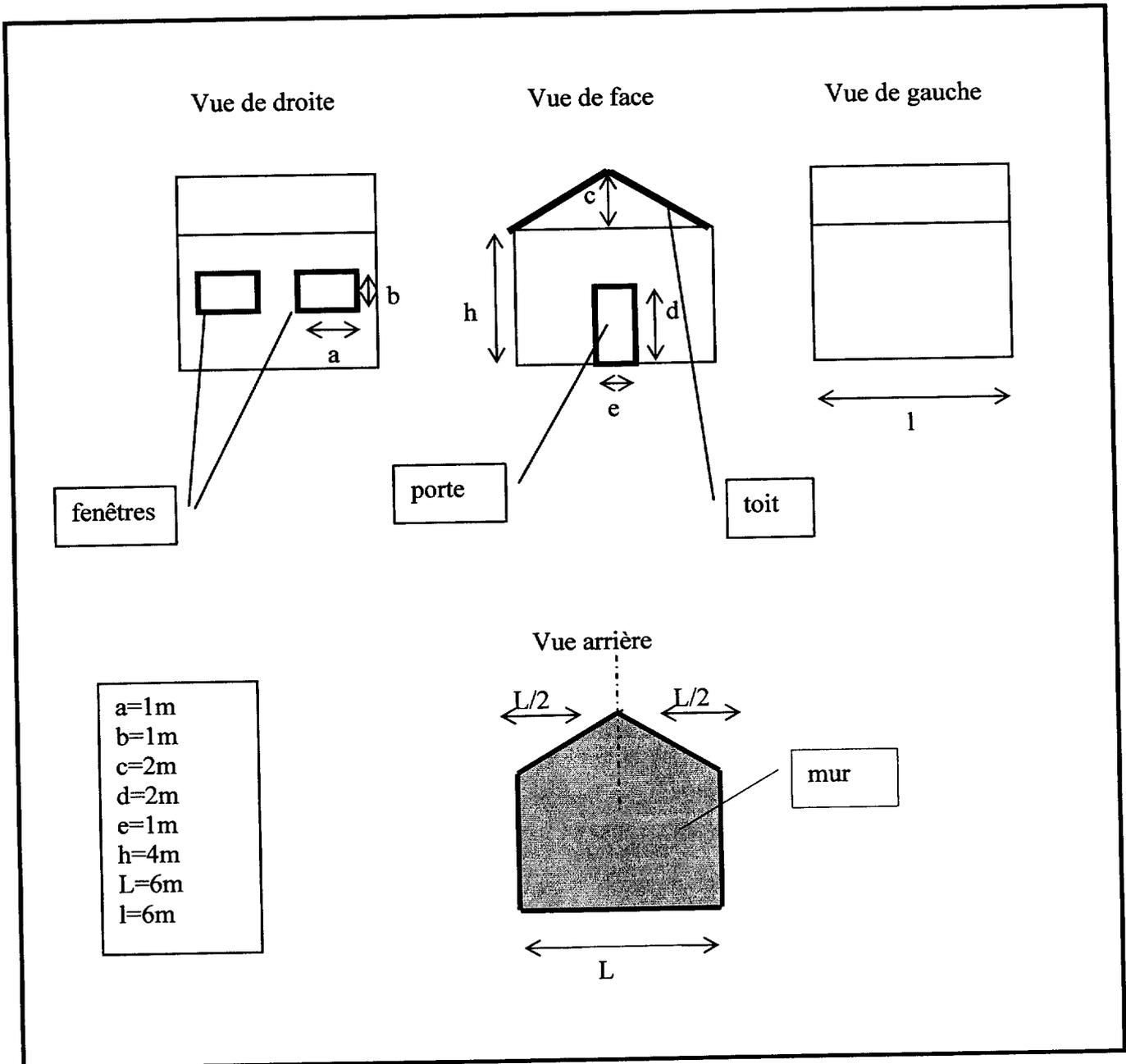
Courbe représentative de la fonction :

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

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

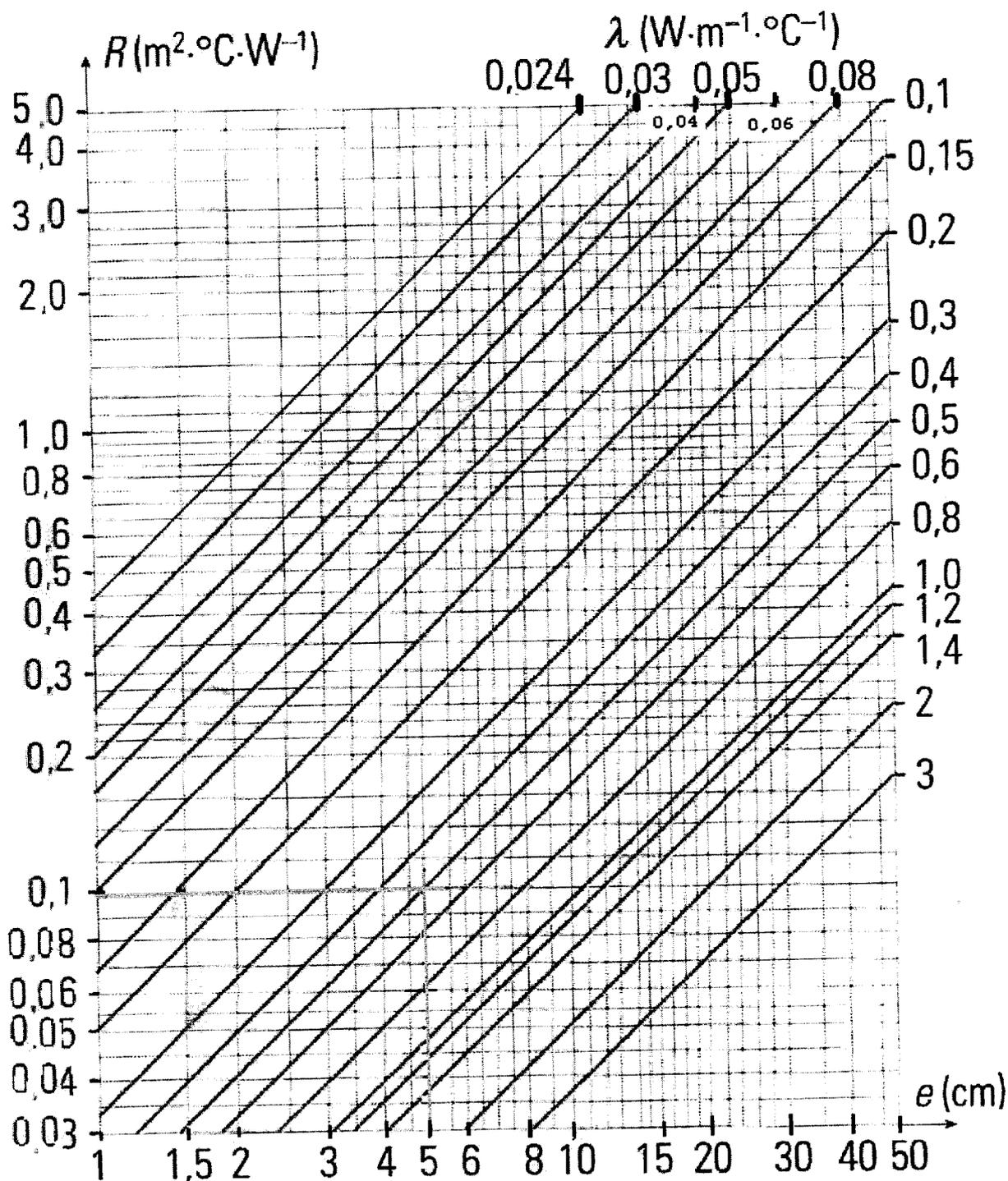


ANNEXE 2



ANNEXE 3 : A RENDRE AVEC LA COPIE

Abaque 1



28

ANNEXE 4 : A RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau 1

| Matériau | Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$) | 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_t ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$) | Flux thermique Φ (W.m^{-2}) | Surface occupée S (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 |

ANNEXE 5 : A RENDRE AVEC LA COPIE

