

Partiel final ER61-27 juin 2014-06-24 durée 2 heures

I. Problème 1 :

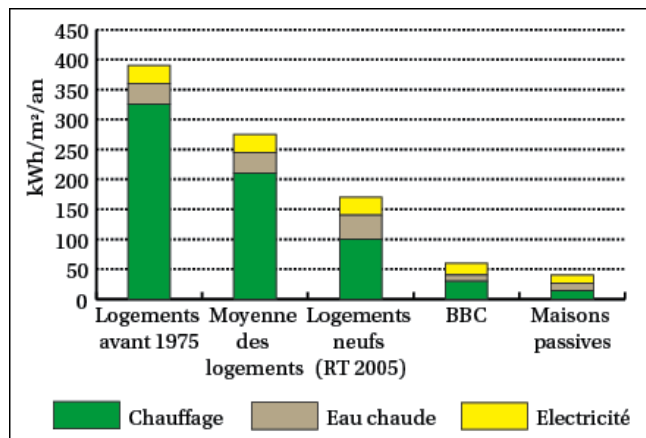
1. Étude de documents

Le bâtiment est au cœur de la problématique énergétique et environnementale. En Europe, ce secteur représente environ la moitié de la consommation énergétique totale (dont 60 % pour le chauffage et la climatisation) et des rejets de CO₂ qui sont responsables des changements climatiques. Des solutions doivent être mises en œuvre pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO₂. La division par quatre de ces émissions est d'ores et déjà techniquement faisable et économiquement viable.

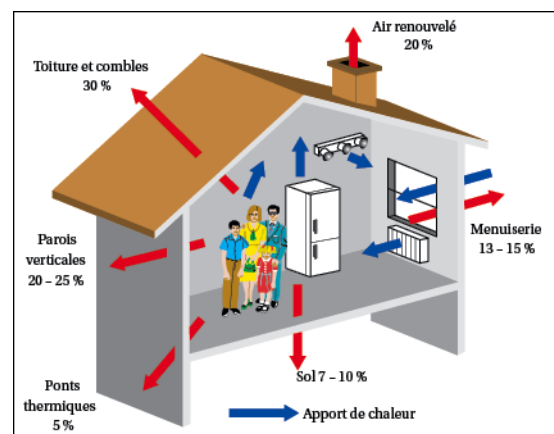
Une condition incontournable de réussite pour réduire le besoin de chauffage réside dans la conception du bâtiment et dans la qualité de son enveloppe.

Les documents suivants apportent des éléments pour construire une réponse.

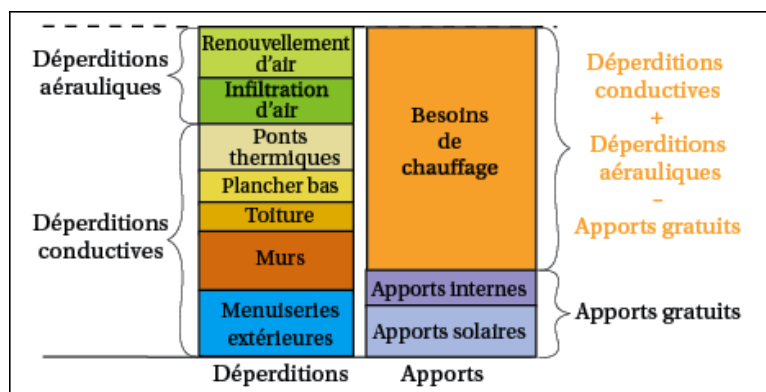
Document 1 : RT 2005



Document 2 : Déperdition de l'enveloppe des bâtiments



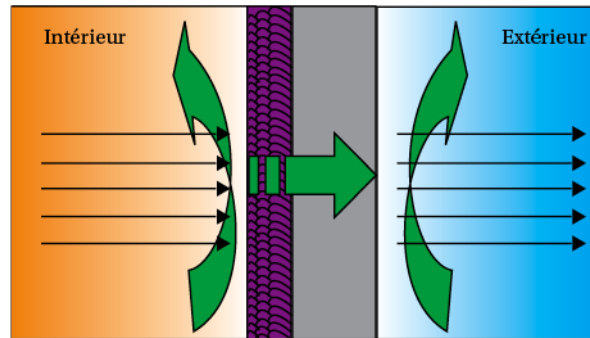
Document 3 : Bilan thermique des besoins en chauffage



L'aéraulique est la technologie du traitement, du transport, de la distribution et de la diffusion de l'air pour le confort, l'hygiène, la santé...

1. Commenter l'historique du document 1 en précisant ce que représente l'ordonnée.

2. Comparer un logement BBC à la moyenne d'un logement.
3. À partir du document 2, indiquer les principaux points de déperdition de chaleur d'une habitation et donner quelques exemples d'apports.
4. Quel point clef aujourd'hui est à prendre en compte lors de la conception de nouvelles habitations ?
5. Légènder le schéma suivant en précisant les différents modes de transfert thermique mis en jeu



2. Calcul de la résistance thermique totale des parois

On souhaite construire un chalet de vacances en haute montagne. Pour cela, l'architecte consulté propose deux solutions à des prix différents selon les matériaux employés. On examine les deux possibilités ci-dessous.

Première possibilité : une maison à ossature en bois dont les cloisons sont constituées (en partant de l'extérieur vers l'intérieur de la cloison) de :

- 8 cm de pin maritime ;
- 10 cm de polystyrène expansé ;
- 4 cm de panneaux de particules de bois extrudé.

Deuxième possibilité : une construction traditionnelle dont les cloisons sont constituées (en partant de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi) de :

- 2 cm de mortier d'enduit ;
- 20 cm de parpaing ;
- 4 cm de polystyrène expansé ;
- 5 cm de carreaux de plâtre.

Données :

Conductivité thermique utile κ (en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) pour les divers matériaux envisagés :

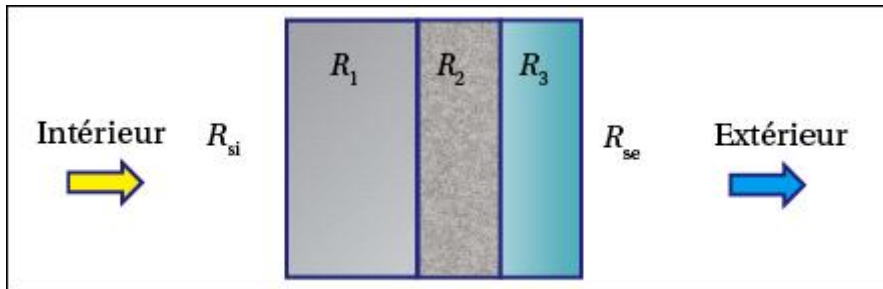
Pin maritime	Polystyrène expansé	Panneaux de particules de bois extrudé	Mortier d'enduit	Parpaing ou béton caverneux	Carreaux de plâtre
0,15	0,042	0,16	1,15	1,15	0,7

Résistances thermiques superficielles :

- R_{si} est la résistance thermique d'échange d'une surface intérieure (entre la surface de la paroi et l'intérieur). R_{si} est aussi appelée résistance thermique interne, ici $R_{si} = 0,11 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$.
- R_{se} est la résistance thermique d'une surface extérieure (entre surface de la paroi extérieure et l'extérieur). R_{se} est aussi appelée résistance thermique externe. Ici $R_{se} = 0,06 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Information : La résistance thermique d'une paroi, en supposant que les pertes thermiques sont seulement dues à la conduction, est donnée par la relation $R_{th} = L / (\kappa \cdot S)$ avec L épaisseur de la paroi en mètre, S surface de la paroi en m^2 et κ conductivité thermique de la paroi en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

On supposera par la suite que la surface des parois considérées est telle que $S = 1,0 \text{ m}^2$.

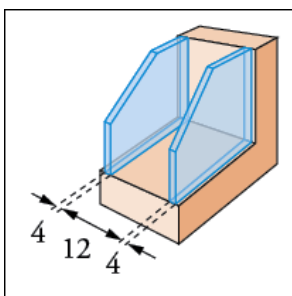


1. Calculer les résistances thermiques R_1 et R_2 des cloisons dans chacune des deux possibilités (présenter les calculs sous forme de tableau).

2. Quelle est la paroi la plus isolante ? Expliquer brièvement.

2 La température ambiante extérieure est de $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ et celle de l'intérieur est maintenue à $+20 \text{ }^\circ\text{C}$. À partir de la valeur de résistance thermique calculée dans la question 1 2., calculer le flux thermique surfacique ϕ à travers la paroi pour la maison à ossature bois.

3. Quel vitrage pour le chalet ?



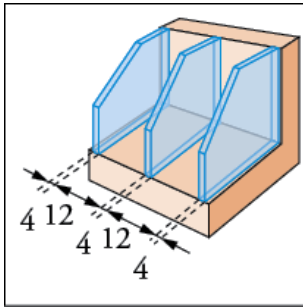
Dans une fenêtre double vitrage 4-12-4 le gaz séparant les deux vitres peut être soit de l'air soit de l'argon.

1 Calculer la résistance thermique de chaque vitrage.

Données : conductivités thermiques

	Air	Argon	Verre
κ en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	0,025	0,018	0,81

2 Quelle est l'utilité de remplacer l'air par de l'argon ?



3. Il est possible d'installer des fenêtres triples vitrage 4-12-4-12-4 avec de l'air entre les vitres. Calculer la résistance thermique de ce type de fenêtre.
4. Lequel de ces trois vitrages est le plus performant en terme d'isolation thermique ? Justifier.
- 5 Augmenter l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques d'un vitrage ?

II. Problème 2 :

Bâtiment basse consommation :

Beaucoup de constructions récentes sont dites *BBC* (bâtiment basse consommation). Elles sont construites avec des matériaux limitant les pertes énergétiques, en particulier l'hiver, afin de réduire l'émission de gaz à effet de serre et le coût du chauffage. Pour réduire l'empreinte écologique d'un bâtiment, des matériaux d'isolation dits durables sont utilisés.

L'isolation en paille d'une maison s'obtient en insérant dans l'ossature des murs des bottes parallélépipédiques en paille. Compressée, celle-ci est un excellent isolant thermique dont la résistance au feu est supérieure à celle du bois. Afin que la paille ne pourrisse pas au contact du sol, il est nécessaire de surélever les fondations en béton.

L'objectif de la réglementation thermique 2012 (RT 2012) est d'imposer aux nouveaux logements une consommation maximale de 50 kWh par an et par mètre carré habitable. Cette norme impose en particulier des valeurs minimales pour les résistances thermiques des parois en contact avec des zones froides (extérieur de la maison, combles, garage, etc.).

Données

- capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
- masse volumique de l'eau: $\rho_0 = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$
- le flux thermique ϕ en watts,
- Soit la résistance thermique R_{th} d'une paroi
- laTABLE 1 donne les résistances thermiques surfaciques de matériaux utilisés dans le bâtiment ;
- laTABLE 2 donne les conductivités thermiques de quelques matériaux.

Type de paroi	Mur extérieur	Combles	garage
R en m^2KW^{-1}	2.3	2.5	2.0

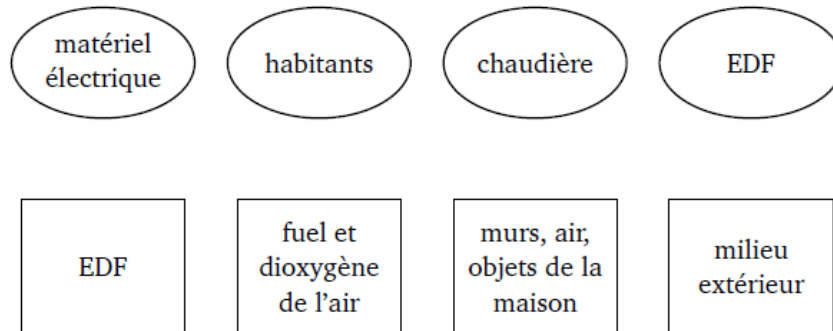
TABLE 1 – Valeurs minimales des résistances thermiques surfaciques pour les parois d'habitations à moins de 800m d'altitude

Matériaux	paille	Bois de chêne	brique
Conductivité λ en $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	0.040	0.16	0.84

TABLE 2 – Conductivités thermiques

1. Approche globale des échanges énergétiques dans une maison

1.a. Organiser les encadrés de la FIGURE ci-dessous pour décrire les échanges d'énergie d'une maison en les reliant par des flèches représentant le sens de ces échanges.



1.b. Sur quel transfert d'énergie, cité dans la chaîne énergétique construite à la question précédente, le fait de construire la maison avec une isolation en paille a-t-il une influence ?

1.c. La surface totale des murs est $S_{\text{murs}} = 120 \text{ m}^2$ et l'épaisseur du mur en paille est $e_{\text{paille}} = 30 \text{ cm}$. Calculer la résistance thermique de l'isolation en paille de cette maison.

1.d. Quelle épaisseur de briques faut-il pour obtenir la même résistance thermique surfacique qu'un mur en paille de 30 cm d'épaisseur ? Même question pour un mur en bois de chêne.

2. Cas d'un chauffage électrique

La maison utilise un chauffage électrique.

On s'intéresse à une chambre de superficie au sol $S_1 = 12 \text{ m}^2$. Cette pièce est chauffée par un radiateur électrique de puissance $P_{\text{rad}} = 1000 \text{ W}$.

Avant le début du chauffage, la température de la pièce est $T_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.a. Quelle est l'énergie fournie à la pièce par ces radiateurs s'ils fonctionnent pendant 2 h 30 ?

2.b. Par quel mode de transfert l'énergie est-elle reçue par les radiateurs ?

2.c. Par quel mode de transfert est-elle transmise à l'air de la pièce ?

2.d. Les radiateurs sont programmés pour s'arrêter au bout de 2 h 30. La température de la pièce est alors $T_2 = 19 \text{ }^\circ\text{C}$. La température baisse et atteint $15 \text{ }^\circ\text{C}$ au bout de 5h.

Qu'est devenue l'énergie fournie par ces radiateurs ?

2.e. Cette maison respecte-t-elle la réglementation thermique 2012 sur la durée étudiée ici ? Justifier en détaillant raisonnements et calculs.

2.f. Pourrait-elle la respecter sur une année entière ? Justifier.

3. Cas d'un chauffage au gaz

Une habitation construite de la même manière utilise un chauffage central au gaz. Le chauffage central est alimenté par une chaudière à gaz dont le constructeur affirme que le rendement vaut 93 %.

3. Étude quantitative des transferts thermiques au niveau de la chaudière

En sortie de chaudière, l'eau a une température de $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Lorsqu'elle a parcouru tout le réseau de chauffage de la maison et revient dans la chaudière, elle est à $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.a. Comment peut-on expliquer cette diminution de température en termes énergétiques ?

3.b. Quelle est l'énergie reçue par 1,0 L d'eau de la chaudière ?

3.c. En utilisant le rendement indiqué par le constructeur de la chaudière, en déduire l'énergie consommée par la chaudière pour chauffer 1,0 L de cette eau.