

Une maison éco-construite

(Définition et contexte de la construction durable)

On appelle construction durable, toute construction ou rénovation qui, tout en assurant la qualité de vie des occupants, maîtrise ses impacts sur l'environnement et assure une performance énergétique optimale, en utilisant autant que possible les énergies renouvelables et les ressources naturelles et locales.

On parle aussi d'éco-construction.

À l'heure où les citoyens ont de plus en plus conscience de leur environnement et de sa nécessaire préservation, il est impératif que l'habitat prenne en compte ces dimensions.

Loin de constituer un effet de mode, les enjeux sont considérables.

Réaliser et promouvoir un habitat différent, économe en énergie et respectueux de l'environnement, est une préoccupation majeure que les entreprises de bâtiment intègrent de plus en plus dans leurs pratiques.

(D'après le site <http://www.ffbatiment.fr/>)

Dans ce sujet, on étudie les caractéristiques thermiques d'une maison éco-construite, puis on en vérifie le confort acoustique.

On s'interroge également sur l'influence du mode de chauffage sur l'émission de dioxyde de carbone, gaz en partie responsable de l'effet de serre.

Le sujet est constitué de trois parties indépendantes.

A : Étude thermique d'une maison éco-construite.

B : Étude acoustique.

C : Chauffage et émission de dioxyde de carbone.

Thermique (A)

Définition d'une maison passive

On dit d'une maison qu'elle est passive lorsque ses besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh par m² habitable et par an contre 250 à 300 kWh par m² habitable et par an en moyenne pour les besoins en chauffage d'un bâtiment classique.

(D'après le site <http://frekopedia.org>)

Une maison, sans étage et de surface habitable 68 m² est construite dans une région où la température de l'air extérieur, durant la période hivernale est en moyenne de $\theta_{\text{air}} = 4,0^\circ\text{C}$ et celle du sol $\theta_{\text{sol}} = 10,0^\circ\text{C}$.

Un poêle à bois maintient la température intérieure de la maison à $\theta_i = 19^\circ\text{C}$.

Données :

- Isolation des murs extérieurs, du sol, des combles, des vitrages et de la porte :

	Surface S (m ²)	Matériaux	Épaisseur e (cm)	Conductivité thermique λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	résistance thermique surfacique r (m ² .K.W ⁻¹)	Flux thermique Φ (W)
Murs extérieurs		Enduit plâtre	1,5	0,50	2,1	
		Briques plâtrières	5,0	0,80		
		Panneaux liège expansé	6,0	0,040		
		Briques creuses standard	20,0	0,60		
		Enduit sable/chaux	2,5	1,1		
Sol	70,0	Mortier chaux	25,0	0,17	1,6	$3,9 \cdot 10^2$
Combles	7,07	Gypse/cellulose	1,3	0,35	4,2	$2,7 \cdot 10^2$
		Granulé de chanvre	20,0	0,050		
Vitrages	15,0	Triple vitrage verre/air	4/12/4/12/4		1,7	$1,3 \cdot 10^2$
Porte	1,9	Bois	4,0	0,20	0,37	77

- résistances thermiques surfaciques d'échange superficiel interne et externe :

$$r_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \text{ et } r_{se} = 0,060 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

- Dimensions de la maison : Longueur $L = 10,0 \text{ m}$, largeur $\ell = 7,0 \text{ m}$, hauteur $h = 2,5 \text{ m}$

- La maison possède :

- Deux baies vitrées, largeur $\ell_b = 2,5 \text{ m}$ et hauteur $h_b = 1,7 \text{ m}$
- Deux portes fenêtres, largeur $\ell_{pf} = 1,8 \text{ m}$ et hauteur $h_{pf} = 2,1 \text{ m}$
- Une porte pleine, largeur $\ell_{po} = 0,90 \text{ m}$ et hauteur $h_{po} = 2,1 \text{ m}$

1) Donner l'expression de la résistance thermique surfacique d'une paroi simple en fonction de son épaisseur e , de sa conductivité thermique λ et des résistances thermiques surfaciques superficielles r_{si} et r_{se} .

2) Dans quel sens doivent évoluer ces caractéristiques afin d'augmenter l'isolation de la maison ?

3) Donner l'expression de la résistance thermique surfacique r_m des murs extérieurs de la maison.

Vérifier que sa valeur est de $2,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

4) Exprimer le flux thermique surfacique ϕ_m à travers les murs.

Calculer sa valeur.

5) Calculer la surface S_m des murs ;

6) Calculer le flux thermique Φ_m à travers les murs.

7) Montrer que le flux thermique à travers le sol est $\Phi_{\text{sol}} = 3,9 \cdot 10^2 \text{ W}$.

8) Montrer que le flux thermique total qui sort de la maison est $\Phi = 1,3 \text{ kW}$.

La période de chauffage en hiver dure 100 jours.

9) Peut-on considérer cette maison éco-construite comme passive ?

Acoustique (B)

Isolement brut D_b .

On mesure les niveaux d'intensité acoustique des bruits extérieurs L_{ext} et les niveaux d'intensité acoustique à l'intérieur de la maison L_{int} , pour différentes bandes d'octave.

Les mesures sont données par le tableau suivant :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau d'émission extérieure L_{ext} (dB)	75,8	73,0	77,5	74,3	70,2	68,4
Niveau de réception à l'intérieur L_{int} (dB)	45,6	42,3	41,6	44,2	39,8	37,1

L'isolement acoustique brut est une mesure expérimentale de l'affaiblissement acoustique.

Il correspond à la différence entre le niveau d'intensité acoustique global extérieur et le niveau d'intensité acoustique global dans le local.

Données :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

- Niveau d'intensité acoustique

- Intensité acoustique au seuil d'audibilité $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

$$L_T = 10 \log \left(\sum 10^{0,1 L_i} \right)$$

- Loi de composition des niveaux d'intensité acoustique

- Formule de Sabine $T_R = 0,16 \frac{V}{A}$

$$A = \sum \alpha_i \cdot S_i$$

1) a- Quel appareil permet de mesurer un niveau d'intensité acoustique ?

b- Montrer que le niveau d'intensité acoustique global des bruits extérieurs vaut $L_{g_{ext}} = 82,0 \text{ dB}$.

Le niveau d'intensité acoustique global à l'intérieur vaut $L_{g_{int}} = 50,4 \text{ dB}$.

c- Calculer l'isolement brut D_b .

Temps de réverbération T_R dans le salon.

Données :

- Dimensions du salon : Longueur $L_s = 6,00 \text{ m}$, largeur $\ell_s = 5,00 \text{ m}$ et hauteur $h_s = 2,50 \text{ m}$

- Le salon possède une porte-fenêtre, une baie vitrée et une porte donnant sur la cuisine.

- Un faible temps de réverbération, inférieur à $0,5 \text{ s}$, permet de réduire la fatigue et le stress.

2) a- Donner la définition du temps de réverbération.

b- Compléter le tableau ci-dessous.

	Surface S_i (m ²)	Coefficient d'absorption α_i	Aire équivalente A_i (m ²)
Murs et plafond	75,6	0,25	
Sol	30,0	0,12	
Porte	1,90	0,10	
Baie vitrée et porte-fenêtre	7,50	0,18	
Aire équivalente totale A :			

Montrer que l'aire d'absorption équivalente A du salon est égale à 24 m^2 .

c- Calculer le temps de réverbération T_R .

Le calcul du temps de réverbération est réalisé pour le salon vide (c'est-à-dire sans personne dans la pièce, ni mobilier, ni tapis).

d- Comment évolue ce temps de réverbération lorsque le salon est occupé ?

Conclure.

Chimie organique (C)

Moine d'émission de dioxyde de carbone avec le bois

Lors de sa combustion, le bois ne fait que libérer dans l'air le dioxyde de carbone qu'il a absorbé durant sa croissance.

Son impact est donc neutre sur l'effet de serre, sous réserve que l'équilibre entre le développement et le prélèvement sur la ressource globale soit respecté.

Selon les études de l'ADEME, en comptabilisant l'énergie consommée du « puits » à la chaleur produite y compris les étapes de transport et raffinage, le chauffage au gaz, au fioul et à l'électricité émet respectivement 222, 480 et environ 180 kg de dioxyde de carbone par kWh.

Le chauffage au bois n'en émet que 40.

Ainsi l'utilisation du bois permet de diviser les émissions de dioxyde de carbone par 12 par rapport au fioul et par 6 par rapport au gaz.

(D'après le guide de l'Agence De l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Énergie)

ADEME : « Se chauffer au bois » - Mars 2014.

Le chauffage de la maison est assuré par un poêle à bois.

Le propriétaire a préféré ce mode de chauffage à une chaudière au fioul.

Le bois est constitué principalement de cellulose $C_6H_{10}O_5$ et le fioul de molécules $C_{18}H_{38}$.

Données :

	<i>Fioul</i>	<i>Bois</i>
<i>Pouvoir calorifique inférieur PCI</i>	10 kWh.L^{-1}	$4,0 \text{ kWh.kg}^{-1}$
<i>Masse volumique</i>	$0,84 \text{ kg.L}^{-1}$	

- $1 \text{ MWh} = 10^6 \text{ Wh}$

1) Qu'est-ce que l'effet de serre ?

Le raffinage est l'ensemble des opérations de traitement du pétrole brut.

2) Citer une des étapes du raffinage.

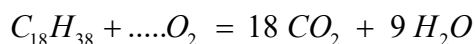
3) a- À quelle famille organique appartient le constituant principal du fioul ?

Justifier.

b- Donner le nom et la formule brute d'un autre composé de cette famille.

La combustion complète du fioul dans le dioxygène de l'air produit du dioxyde de carbone et de l'eau.

4) Réécrire et compléter l'équation de la réaction de combustion du fioul.



5) Calculer la masse de fioul nécessaire pour produire 1 MWh d'énergie.

6) En déduire la quantité de matière n_{fioul} correspondante.

7) Vérifier que la quantité de matière de dioxyde de carbone alors produite est $n_{CO_2} = 6,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$.

8) En déduire la masse de carbone alors produite correspondante.

9) Comparer avec la valeur du document de l'ADEME, et proposer une explication.

Un calcul analogue réalisé pour le chauffage au bois nous indique que lors de la production de 1 MWh d'énergie, $4,1 \cdot 10^2 \text{ kg}$ de dioxyde de carbone sont émis.

10) Expliquer alors la phrase en *italique* du document de l'ADEME.