

Examen S5 « Développement Durable – Apports du Génie Electrique »

Durée 2 heures documents non autorisés

Etude simplifiée d'une maison passive

L'étude qui suit porte sur une maison passive réalisée dans l'Oise près de Saint-Quentin, on s'attache à vérifier les principales caractéristiques énergétiques de cette habitation. L'isolation des murs ainsi que celle du toit sont détaillées dans les annexes ci-jointes. Les fenêtres sont du type triple vitrage peu émissif à remplissage krypton ($U_w = 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), on précise que par rapport à la surface habitable, la valeur totale des surfaces vitrées vaut 17 % avec la répartition suivante,

- au nord : 5 %
- à l'est : 15 %
- au sud : 60%
- à l'ouest : 20 %

2.1 **Rappeler** les trois critères de définition d'une maison passive.

2.2 En vous aidant de la page 3/3 donnée ci-contre, **calculer** la surface habitable S_h , **en déduire** la surface totale des fenêtres S_f . La maison devant satisfaire au critère de « maison passive » [$P_{ch} < 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$], **déterminer** la valeur limite pour sa consommation nette en chauffage W_n (différence entre déperditions et apports « gratuits » : apports internes cumulés à l'énergie solaire traversant les vitres).

2.3 **Commenter** la forme de la maison par rapport au critère de compacité ainsi que la répartition des fenêtres. Par rapport aux apports solaires d'hiver, **dire** si l'orientation de l'habitation vous paraît judicieuse.

2.4 Les documents donnés en annexe (1/3 et 2/3) détaillent l'isolation du toit et des murs ; à partir de la résistance thermique totale **donner** la valeur en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ des coefficients relatifs aux déperditions à travers les murs et le toit (U_m et U_t).

2.5 La surface totale des parois verticales pour les façades et pignons (fenêtres comprises), S_v , vaut 180 m^2 , la surface du toit S_t , 155 m^2 . **Calculer** le coefficient minoré U_{bat1}^* représentant la moyenne globale des déperditions à travers les parois opaques (toiture et murs) ainsi qu'à travers les fenêtres. Un calcul détaillé effectué par un bureau d'études donne pour cette maison $U_{bat2} = 0,17 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ **justifier** qualitativement l'écart avec la valeur précédente.

$$* U_{bat1} = \frac{\sum_i P_{di}}{\sum_i S_i} \quad \text{où } P_{di} \text{ est la puissance perdue à travers une surface } S_i \text{ pour un écart intérieur/extérieur de } 1^\circ\text{C} ; \text{ exemple :}$$

pour les fenêtres : $P_{df} = U_w \cdot S_f$

2.6 **Montrer** que l'énergie brute nécessaire au chauffage de cette habitation se met sous la forme suivante :

$$W_b = U_{bat2} \cdot S_{ev} \int_{t1}^{t2} (\theta_i - \theta_e) \cdot dt$$

où S_{ev} représente la surface totale de l'enveloppe hors dalle (on néglige les déperditions à travers celle-ci), θ_i la température intérieure (*constante et égale à 19°C*), θ_e la température extérieure (*variable*). La différence $[t2 - t1]$ représente la période de chauffage. La méthode des « degrés-jours unifiés » (DJU) permet de déterminer la valeur de l'intégrale pour l'expression précédente.

2.7 **Convertir** 1W.°C.j (1 watt.degré.jour) en J.°C (joule.degré) puis en kWh.°C (kilowattheure.degré) Pour le site géographique choisi, les relevés météorologiques donnent DJU = 2450°C.jours. **En déduire** la valeur numérique de W_b .

2.8 Pour tenir compte des pertes par le sol, par les ponts thermiques et par le renouvellement d'air, on doit majorer la valeur précédente de 9,5%. **Comparer** la nouvelle valeur à celle trouvée en 2.2 **expliquer** comment on peut respecter la contrainte évoquée dans cette question.

2.9 On considère que pour rester dans les limites du cahier des charges de l'habitat passif la consommation annuelle équivalente en énergie primaire, liée à l'électricité, doit rester inférieure à 40% de l'énergie primaire de référence (120 kWh/m²), **calculer** l'énergie électrique à laquelle peut prétendre cette maison. *On rappelle que le coefficient de conversion entre l'énergie primaire et l'énergie électrique est fixé, par convention, à 2,58.*

2.10 On envisage l'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture de la maison. Pour le site proposé, l'annexe 3/3 précise l'**irradiation solaire brute reçue par m²** de toiture. Le rendement moyen des panneaux solaires vaut 11,5%, celui de l'onduleur de conversion* de 95 %. Pour un m² de panneau, **calculer** l'énergie électrique annuelle que l'on peut récupérer.

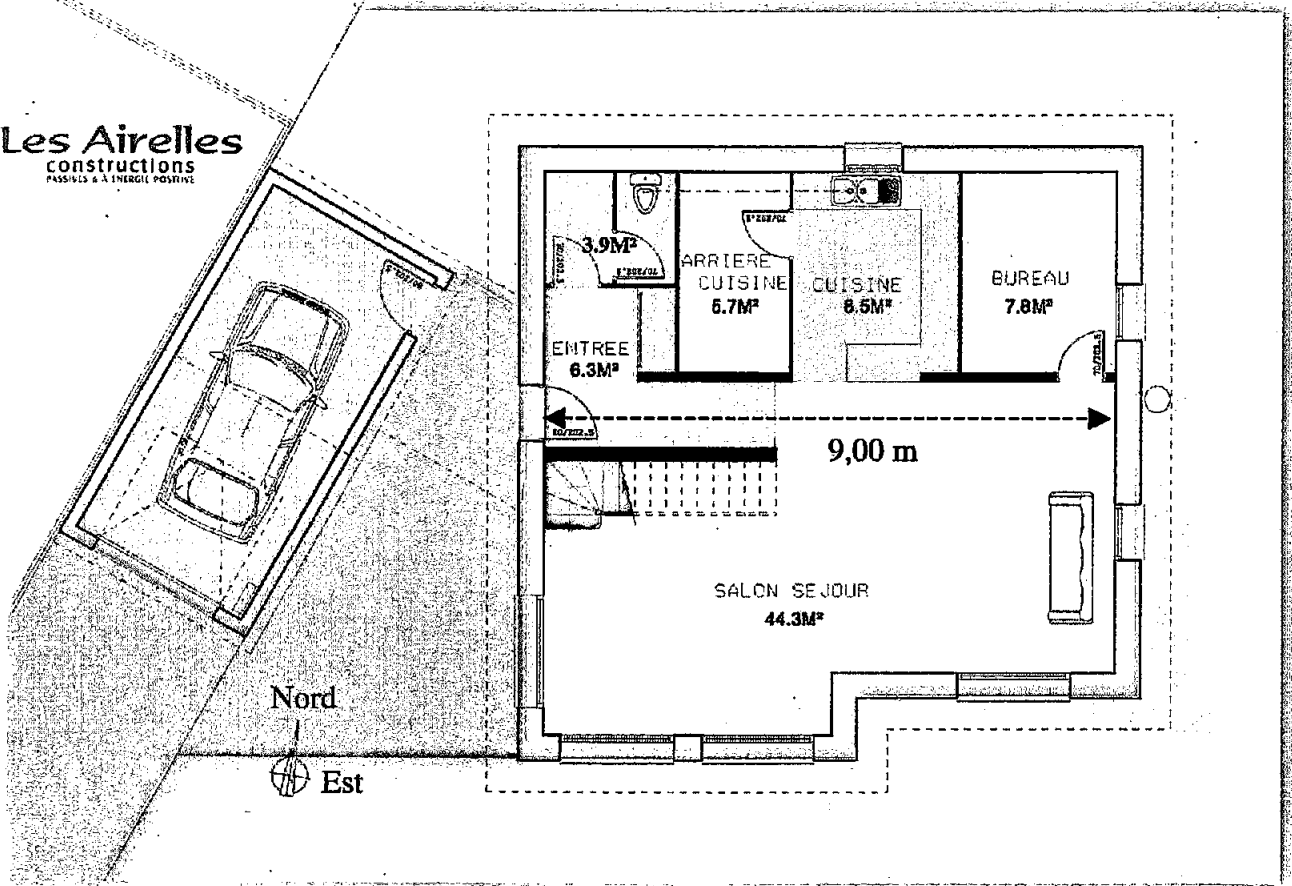
2.11 La consommation électrique annuelle est estimée à 2 600 kWh, **en déduire** la surface totale des panneaux. Chaque panneau a une surface de 1,34 m² et peut fournir 175 Wc (watt-crête) , **déterminer** le nombre de modules nécessaires ainsi que la puissance nominale de l'onduleur. **Proposer** un mode de connexion électrique de ces modules (série, parallèle, autre...).

2.12 **Indiquer** une solution pour la production d'eau chaude sanitaire.

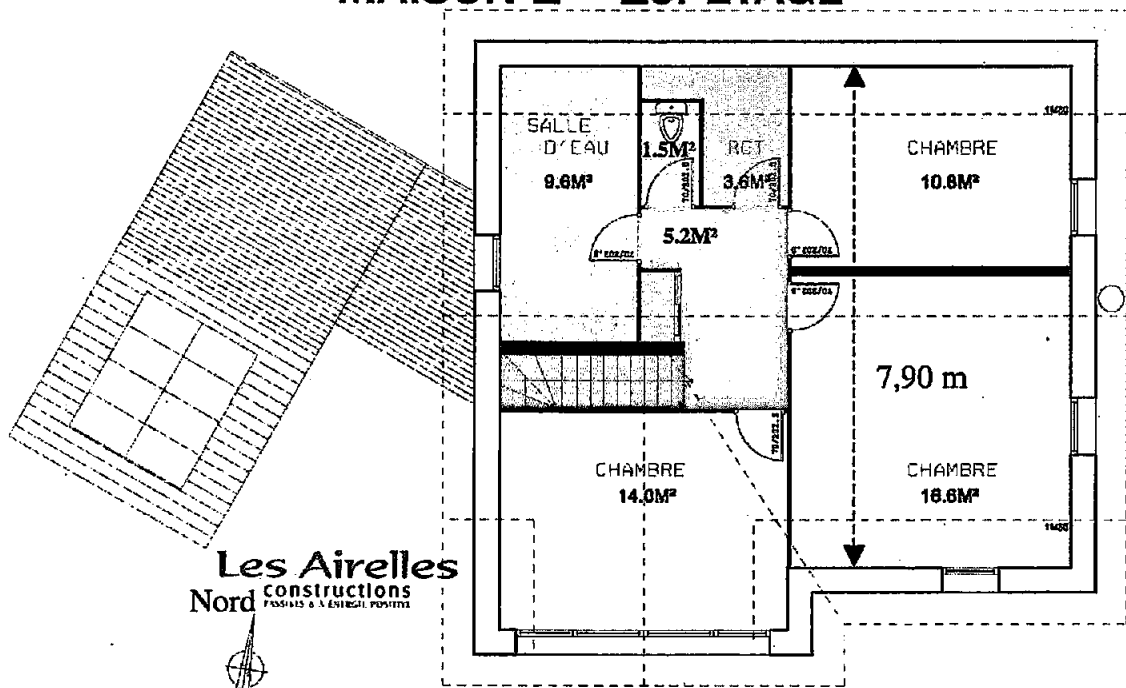
* Cet onduleur permet, grâce à une conversion DC/AC, de réinjecter l'énergie électrique sur le réseau ERDF.

MAISON 1 REZ-DE-CHAUSSÉE

Les Airelles
constructions
PASSIVES & À ÉNERGIE POSITIVE



MAISON 1 1er ÉTAGE



ANNEXES

Composition du mur :

Composition	description	épaisseur (cm)	masse volumique (kg/m ³)	chaleur spécifique (Wh/kg.K)	conductivité thermique lambda (W/m.K)	Malus pose	Malus Pont th	Résistance therm. (m ² .K/W)	Capacité thermique surfacique (Wh/m ² .K)	Temps de transfert (heures)
extérieur	brique pleine	2	1700	0.22	1.1			0.02	N/A	0.51
	lame d'air	2	1	0.34	0.09			0.22	N/A	0.05
	polyuréthane	24	35	0.233	0.027			8.89	N/A	5.76
	brique à alvéoles	30	850	0.25	0.149			2.01	17	15.63
intérieur	plaque de plâtre BA10, BA13	1	790	0.22	0.33			0.03	1.74	0.32
Total :		59						11.17	18.74	22.27




Résultat :



	confort hiver	confort 1/2 saison	confort été
Résultat :	20/20 ██████ excellent	20/20 ██████ excellent	20/20 ██████ excellent

Composition du toit :


Composition	description	épaisseur (cm)	masse volumique (kg/m ³)	chaleur spécifique (Wh/kg.K)	conductivité thermique lambda (W/m.K)	Malus pose	Malus Pont th	Résistance therm (m ² .K/W)	Capacité thermique surfacique (Wh/m ² .K)	Temps de transfert (heures)
extérieur	Tuile argile	2	1700	0.22	1.1			0.02	N/A	0.51
	panneau de particules	2	600	0.639	0.14			0.14	N/A	1.44
	laine de bois (panneaux)	20	150	0.75	0.041			4.88	N/A	14.46
	laine de bois (panneaux)	20	150	0.75	0.041	O	O	3.12	9	14.46
intérieur	plaque de plâtre BA10, BA13	1	790	0.22	0.33			0.03	1.74	0.32
Total :		45						8.19	10.74	31.18

Résultat :

	confort hiver	confort 1/2 saison	confort été
Résultat :	20/20  excellent	17/20  excellent	19/20  excellent

	INES Education - Logiciel CALSOL - Gisement solaire estimation de l'énergie solaire disponible avec masque	
---	---	---

Choix de la ville :
Prendre en compte un masque :
Inclinaison du plan : Orientation du plan : Albédo du sol :

Irradiation sur un plan d'inclinaison 50° et d'orientation -15° * en kWh/m² cumulés 

Irradiation sur un plan incliné

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année.
<u>Directe (IBP)</u>	20	38	47	64	65	57	70	65	55	46	29	15	572
<u>Diffuse (IDP)</u>	14	23	39	54	69	72	72	61	44	30	17	12	506
<u>Réfléchie (IRP)</u>	1	2	3	4	5	6	6	5	3	2	1	1	38
<u>Globale (IGP)</u>	35	62	89	123	139	135	148	132	103	77	48	27	1117

Irradiation Directe dans le plan IBP : Valeur calculée. C'est la composante directe de l'énergie lumineuse provenant des rayons du soleil dans le plan dont l'inclinaison et l'orientation ont été définies. Cette valeur est calculée à partir de l'irradiation Directe Horizontale pour différentes positions du soleil dans le ciel sur le plan.

Irradiation Solaire Diffuse dans le plan IDP : Valeur calculée. C'est l'énergie lumineuse provenant de la voûte céleste en excluant le rayonnement directe du soleil dans le plan dont l'inclinaison et l'orientation ont été définies. Cette valeur est calculée à partir de l'irradiation Solaire diffuse Horizontal.

Irradiation Solaire Réfléchie dans le plan IRP : Valeur calculée. C'est l'énergie lumineuse réfléchie par le sol dans le plan dont l'inclinaison et l'orientation ont été définies, issue de la voûte céleste incluant le rayonnement directe du soleil et le rayonnement diffus. Cette valeur est calculée à partir de l'albédo et de l'irradiation Solaire globale Horizontal.

Irradiation Global dans le plan IGP : Valeur Calculée. C'est l'énergie lumineuse réelle reçue du soleil à la surface de la terre le plan dont l'inclinaison et l'orientation ont été définies. Cette valeur est la somme de l'Irradiation Directe dans le plan IBP, l'Irradiation Solaire Diffuse dans le plan IDP et l'Irradiation Solaire Réfléchie dans le plan IRP