



Projet Energétique

Réhabilitation d'une vieille maison à Angoulême

**Réalisé par Anatole ARMADA
Vincent LEFEVRE
Charlotte MUCIG**

Encadré par Pierre MICHEL

**Groupe 7
Promotion 54
Avril 2007**

INDEX

Index

Caractéristiques et plans

1. Evaluation de la performance énergétique de la maison

- a) Calcul de $U_{\text{bât}}$
- b) Calcul de $U_{\text{bât-réf.}}$
- c) Calcul des apports solaires Q_s par les baies vitrées
- d) Calcul des besoins mensuels de chauffages

2. Elaboration d'un projet de réhabilitation thermique de la maison

- a) Remarques préalables
- b) Etudes des solutions
- c) Solutions finales retenues

3. Conclusion

4. Annexes

Annexe 1 : Caractéristiques géométriques, Calcul de $U_{\text{bât}}$, Calcul de $U_{\text{bât-réf.}}$, Calcul de Q_s , Calcul de Q_h .

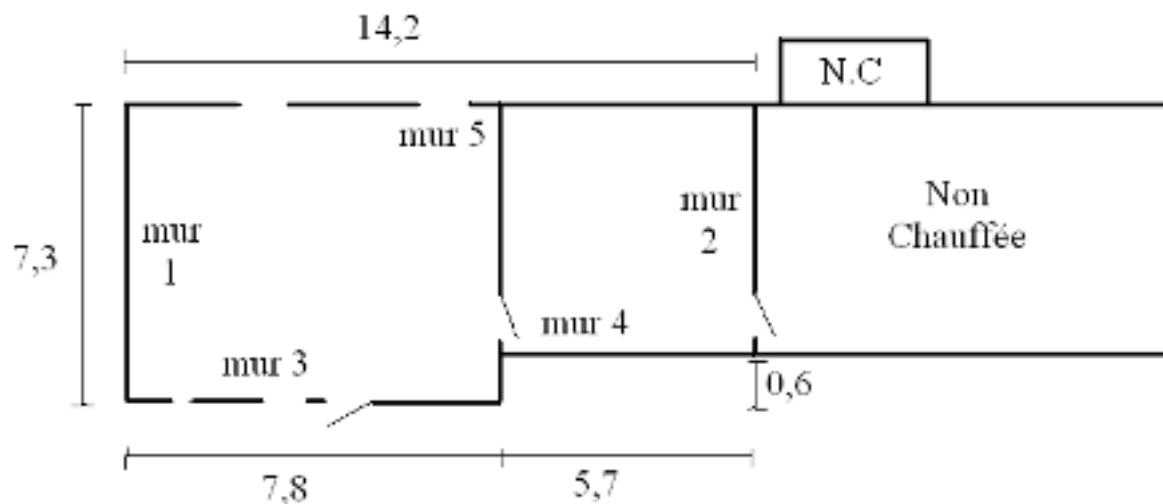
Annexe 2 : Nouveau Q_h du à la solution 1

Caractéristiques et plans :

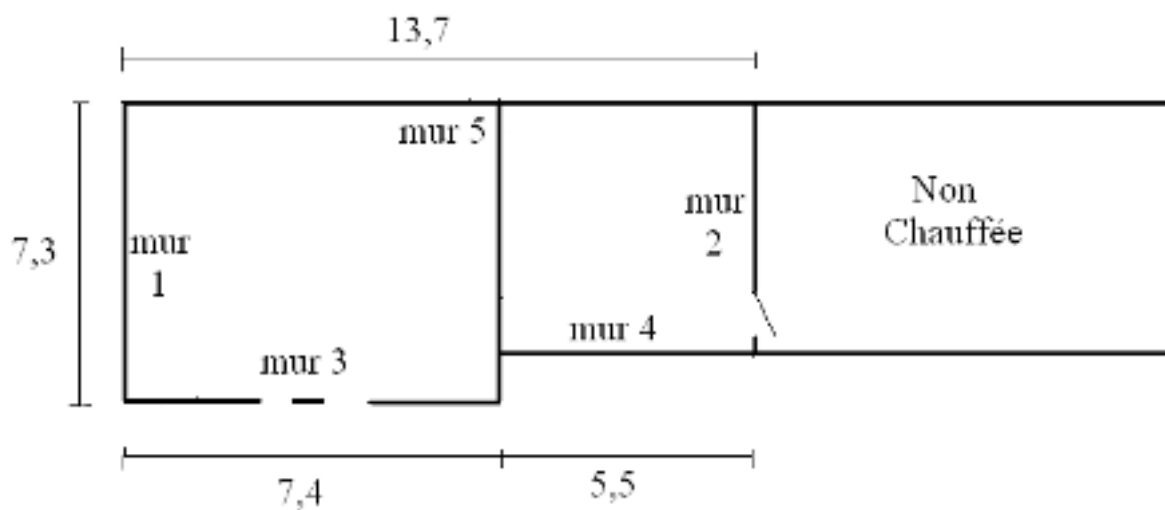
Il s'agit d'évaluer les performances énergétiques d'une maison individuelle et sa réhabilitation. Ce bâtiment est situé en zone H2 (Angoulême) et est composé d'un rez-de-chaussée et de deux étages. Nous avons fait l'hypothèse que toute une partie (partie de droite) était non chauffée et que l'autre partie était supposée avec une température constante de 20°C. Pour une étude claire de cette maison nous avons numéroté les murs que nous devons considérer de 1 à 5 (voir schéma ci-dessus). De plus comme c'est une vieille maison, les murs ne sont pas tout à fait parallèles, mais nous n'en avons pas tenu compte. En ce qui concerne l'inclinaison du toit nous l'avons prise de 50°.

Caractéristiques géométriques de la maison :

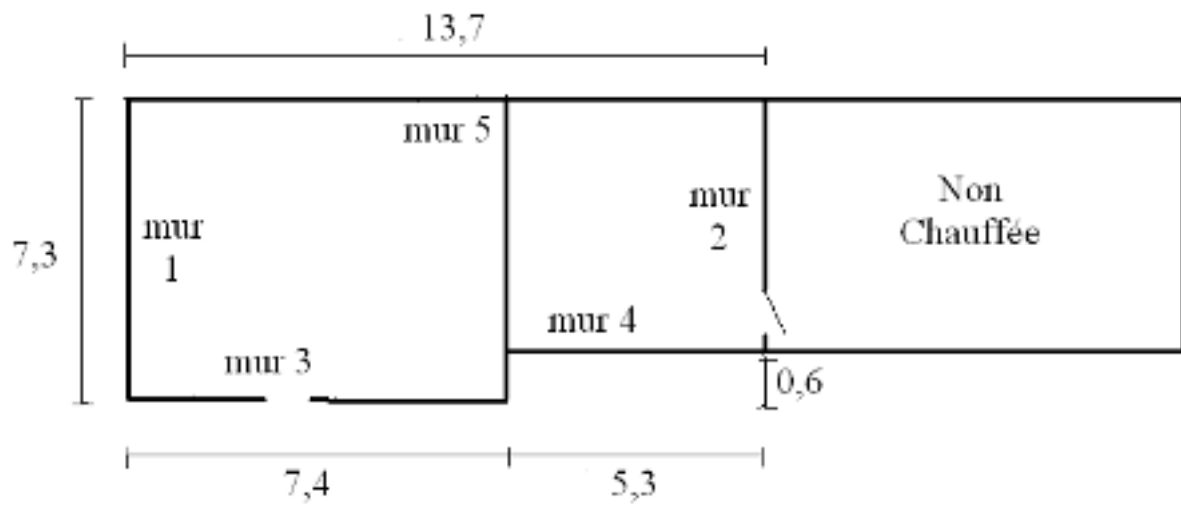
Rez-de-chaussée :



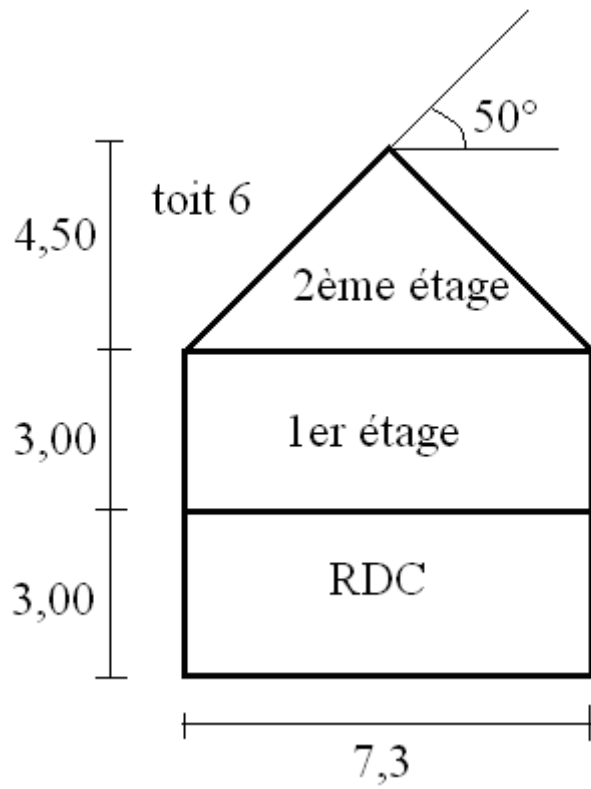
Premier étage :



Deuxième étage :



Façade :



Données supplémentaires :

Le volume chauffé est de 619 m³. La surface habitable (chauffée) est de 198,47 m² et celle de l'enveloppe de 497,17 m². Par ailleurs la surface des portes a été supposée de 2m². En ce qui concerne l'inclinaison du toit nous l'avons prise de 50°. L'épaisseur des murs extérieurs (5 et 1) est en moyenne de 50cm et pour les murs extérieurs 3 et 4 de 60cm. Pour le refend intérieur 2, l'épaisseur est e 40cm.

mur-étage	type	surface ou longueur (m ²)
5-(1+2)	mur exté	81,63
5-(1+2)	surface vitrée	2,07
(3,4)-(1+2)	mur exté	74,14
(3,4)-(1+2)	surface vitrée	3,06
(3-4)-1	porte	2
1-(1+2+3)	mur exté	60,23
2-(1+2+3)	refend inté	42,08
sol rdc	sol	73,05
6	toit	152,19
6	fenêtre toit	0,72
2-(1+2+3)	portes	6

1 correspond au Rez-de-Chaussée

2 correspond au 1^{er} étage

3 correspond au 2^{ème} étage

1. Evaluation de la performance énergétique de la maison

a) Calcul de Ubât

Le calcul de Ubât est le suivant :

$$U_{bât} = 1,2 \frac{\sum_i U_{parois_i} * A_{parois_i} * b_i}{\sum_i Surfaces_{parois_i}}$$

Le facteur 1,2 dans la formule, intervient pour tenir compte des pertes par ponts thermiques de la maison.

Le Uiparois se calcule grâce à la formule ci-dessous :

$$U_{iparois} = \frac{1}{R_{se} + R_{si} + R_i + \sum_i \frac{e_i}{\lambda_i}}$$

Avec R_{se} et R_{si} les résistances thermiques superficielles propre à la paroi et à son orientation définie par la RT2000. Les e_i correspondent à l'épaisseur de chaque constituant du mur et λ_i à leur conductivité thermique. De plus si la conductivité λ du matériau n'est pas connue, nous utilisons les résistances R_i données (c'est le cas pour les surfaces vitrées et les portes).

Ces calculs, voir annexe 1, donnent le résultats suivant :

$$U_{bât} = 1,3220 \text{ W} \cdot \text{°C}^{-1}$$

b) Calcul de $U_{bât-ref}$

$U_{bât-ref}$ se calcule de la façon suivante :

$$U_{ref} = \frac{a_1 A_1 + a_2 A_2 + a_3 A_3 + a_4 A_4 + a_5 A_5 + a_6 A_6 + a_7 A_7 + a_8 L_8 + a_9 L_9 + a_{10} L_{10}}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7}$$

Grâce à l'article 16 du journal officiel de la République

A_1 : surface des parois verticales opaques, y compris parois verticales des combles aménagés.

A_2 : surface des planchers sous combles ou rampants y compris les parois horizontales des combles aménagés.

A_3 : surface des planchers hauts autres que ceux pris en compte dans A_2 .

A_4 : surface des planchers bas.

A_5 : surface des portes, exception faite des portes entièrement vitrées.

A_6 : surface des fenêtres, des portes entièrement vitrées, des portes - fenêtres et des parois transparentes ou translucides non équipées de fermetures.

A_7 : surface des fenêtres, portes - fenêtres ou parois transparentes et translucides équipées de fermetures.

L_8 : linéaire de la liaison périphérique des planchers bas avec un mur.

L_9 : linéaire de la liaison périphériques des planchers intermédiaires ou sous combles aménageables avec un mur

L_{10} : linéaire de la liaison périphérique avec un mur des planchers hauts en béton, en maçonnerie ou à base de tôles mécaniques nervurées.

Les calculs effectués en annexe 1 donnent la valeur de $U_{\text{bât-réf}}$ suivante :

$$U_{\text{bât-réf}} = 0,54334 \text{ W} \cdot \text{°C}^{-1}$$

c) Calcul des apports solaires Q_s par les baies vitrées (kW.h⁻¹)

Le bâtiment ne comporte des surfaces vitrées que sur les façades nord et sud. De plus on néglige les ombres portées sur les façades (facteur d'ombrage $F_s=1$) et le facteur solaire est supposé constant $S=0,5$.

En utilisant la formule :

$$Q_s = (I_{S_{nord}} A_{S_{nord}} + I_{S_{sud}} A_{S_{sud}}) * 24 * \frac{\text{Nombre jours mois}}{1000}$$

Avec $A_{si} = A_i * F_s * S$ et $A_{nord} = 2,43\text{m}^2$ et $A_{sud} = 3,42\text{m}^2$.

Toutes les données sont reportées en annexe 1.

d) Calcul des besoins mensuels de chauffage Q_h :

Les résultats du calcul de Q_h sont donnés en annexe 1 . Le calcul de Q_h prend en compte :

- Déperditions surfaciques et linéiques : H_t
- Déperditions par renouvellement d'air : $H_v = 0,34 * 1,3 * \text{volume chauffé}$
- Déperditions totales de l'enveloppe : $Q_l = H * (T_{int} - T_{ext}) * \text{Durée}$

Avec $H = H_t + H_v$ et $\text{Durée} = 24 * \text{nombre de jour}$

- Gains internes mensuels de l'habitation : $Q_g = Q_i + Q_s$

Avec $Q_i = 4 * \text{Surface chauffée} * \text{Durée}$

- Facteur d'utilisation des gains (pour $\gamma = Q_g / Q_l \neq 1$) :

$$\eta = \frac{(1 - \gamma^a)}{(1 - \gamma^{a+1})}$$

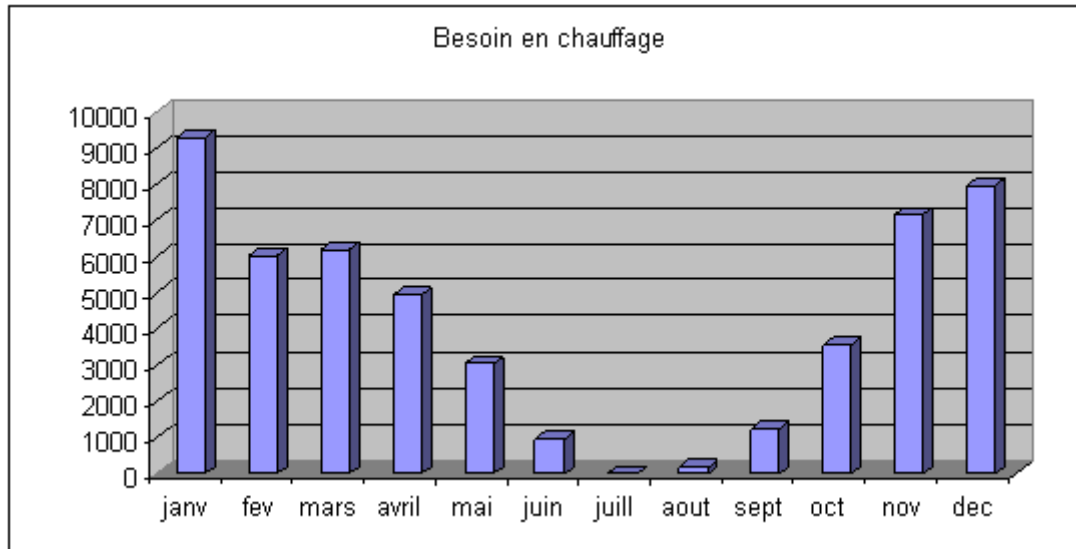
Finalemment

$$Q_h = \max[0; (Q_l - \eta Q_g) * \frac{\text{Nombre jours chauffés}}{\text{Nombre jours par mois}}]$$

Avec le nombre de jour chauffé (N_{JC}) qui dépend de la température sans chauffage (T_{sc}) calculée .Le chauffage est mis en fonctionnement lorsque $T_{sc} < T_{cons} + 1$ (avec $T_{cons} = 20^\circ\text{C}$)

Remarque 1 : γ est considéré constamment différent de 1

Remarque2 : A l'exception du mois de juillet (voir graphe suivant), le chauffage est allumé toute l'année pour maintenir une température consigne de 20°C à l'intérieur du bâtiment.



Nous obtenons finalement pour ce bâtiment :

Besoins en chauffage annuel (kWh)	50 657
Coût du chauffage au gaz (HT)	4052,59€
Coût du chauffage à l'électricité (HT)	5065,74€

Ces valeurs sont élevées et justifient pleinement une réhabilitation.

2 . Elaboration d'un projet de réhabilitation thermique de la maison

a) Remarques préalables

Les calculs des besoins mensuels en chauffage sont basés sur une température constante tout au long du mois, ce qui n'est évidemment pas le cas dans la réalité. De plus l'absence de programmateur à l'intérieur du bâtiment expliquerait d'énormes besoins en énergie pour maintenir une température constante consigne

de 20°C. Paradoxalement les consommations calculées sont des consommations minimales grâce au programmeur mais le modèle nous incite à chauffer la maison 11 mois sur 12 du fait de la température de consigne élevée. Ainsi le programmeur, qui fait l'objet de la solution 10, sera inclus initialement dans chacune des solutions proposées.

L'habitation de notre étude ne disposant pas de garage, nous écartons d'emblée les solutions n°4 et 5.

Dans toute la suite, nous considèrerons les surfaces et le volume de l'enveloppe comme invariants, ce qui n'est pas exact mais tout à fait acceptable.

Par ailleurs, nous avons tenté d'apporter notre propre solution à ce projet de réhabilitation. En effet l'ajout de panneaux solaires sur le toit permet de diminuer sensiblement la consommation en électricité. Cette solution ne joue évidemment que sur la consommation d'énergie et sera donc combinée avec une autre solution apportée par le sujet.

b) Etudes des solutions

Chaque solution a été étudiée dans un premier temps séparément pour mieux comprendre leurs impacts. Pour chacune des solutions, nous avons donc recalculé les nouvelles valeurs liées aux éléments modifiés et pour chacune, le nouveau Q_h correspondant. Nous avons donc pu calculer pour chaque solution le coût et la durée d'amortissement (voir annexe 2 pour l'exemple de la solution 1).

Conformément à la RT2005 le rapport de $U_{bât}$ sur $U_{bât-réf}$ doit être inférieur à 1,2. Ainsi apparaissent plusieurs solutions qui vérifient cette condition comme les solutions 1, 2 et 3. Néanmoins il faut calculer leurs coûts ainsi que la durée d'amortissement qui, pour être conforme à la consigne, doit être inférieure à 10 ans.

Ainsi on obtient le tableau suivant :

solution	coût gaz	coût électricité	U _{bât}	coût d'installation	U _{bât} /U _{bâtref}	temps amortissement gaz	temps amortissement électricité	gain décénal gaz	gain décénal électricité
0	4052	5065	1,32		2,43				
1	2340	2925	0,58	5670,5	1,06	3,31	2,65	11449,5	15729,5
2	2142	2677	0,49	7732,5	0,9	4,05	3,24	11367,5	16147,5
3	2435	3044	0,62	13918,5	1,14	8,61	6,89	2251,5	6291,5
6	4001	5001	1,3	3500	2,39	68,63	54,69	-2990	-2860
7	4008	5010	1,3	1755	2,39	39,89	31,91	-1315	-1205
8	3115	3894	1,3	460	2,43	0,49	0,39	8910	11250
2+8	1336	1545	0,49	8192,5	0,9	3,02	2,33	18967,5	27007,5

Les solutions 1, 2, 3 et 8 paraissent rentables car ces solutions respectent les conditions de la RT2005 avec un rapport de $U_{bât}$ sur $U_{bât-ref}$ inférieur à 1,3 et une durée d'amortissement inférieur à 10ans. Ces solutions pourraient être retenues séparément, néanmoins la combinaison de plusieurs solutions donne un meilleur rendement.

c) Solutions finales retenues

Solution générale : combinaison des solutions 2 et 8 :

La solution 8 est très intéressante pour limiter la consommation du bâtiment, indépendamment des autres solutions. Par ailleurs, la solution 2 est la plus avantageuse parmi les solutions proposées pour diminuer le rapport $U_{bât}/U_{ref}$. Là encore, nous avons calculé les nouvelles valeurs liées aux éléments modifiés, puis avons effectué un nouveau calcul de Qh.

Il apparaît alors que la consommation a été divisée par 3 et que la durée d'amortissement est de 2ans et 4mois.

Solution mixte : combinaison de la solution 1 et rajout de panneau solaire :

L'ajout de panneau solaire sur le toit permet de réduire la consommation en utilisant des énergies renouvelables. Cette solution a pour avantage de diminuer la consommation mais en plus de respecter un peu plus l'environnement. Cette solution est dotant plus pertinente qu'elle s'inscrit dans une politique actuelle qui favorise les bâtiment HQE. En effet l'achat de panneau solaire se voit accorder une exonération d'impôts de 50%.

D'après nos recherches nous avons trouvé qu'un mètre carré de panneau solaire fournissait en moyenne 100KW.h^{-1} par an et que sa durée de vie était de 30 ans. De plus l'investissement demandé est de 1725€ par m^2 .

En combinant cette solution à la solution 1 le projet rentre dans le cadre de la RT2005 et permet aussi de respecter un peu plus l'environnement avec un gain annuel de 5000KW.h^{-1} pour une surface de 50 m^2 de panneau solaire.

Grâce à la solution 1 les besoins en chauffage sont descendus à 29250kW/h et le coût en électricité à 2925€/an .

Donc pour poser 50m^2 de capteur solaire on dépense 43125€ (50% de 86250€).

Grâce à ce dispositif, la consommation passe à 24250 KW/h dont le coût revient à 2425€ par an. Cette installation ne rentre pas totalement dans les conditions de réhabilitation car elle n'est rentable que 16 ans après sa mise en place.

Néanmoins pendant les 14 ans suivant le propriétaire économise 2640€ par an soit 36960€ .

3. Conclusion

Nous pouvons noter qu'il existe une multitude de solutions et de combinaisons permettant de réhabiliter un bâtiment et que des solutions non rentables dans une zone peuvent le devenir dans des conditions climatiques plus extrêmes.

Dans notre cas, deux solutions intéressantes se dégagent :

La première, qui combine les solutions 2 et 8 qui nous étaient proposées, présente une excellente rentabilité et qui respecte la norme (RT2005).

La deuxième qui respecte encore la RT2005 et qui de plus épargne l'environnement en utilisant l'énergie solaire même si elle présente un coût et une durée de rentabilité plus élevé.

Il s'agit donc pour réhabiliter ce type de bâtiment de trouver un compromis entre la réglementation, le budget et le confort intérieur.