

# Projet RÉMI

## Transferts énergétiques

*Phase 1*

L'objectif de la première phase du projet consiste à *caractériser l'existant*, c'est-à-dire estimer la facture énergétique d'une maison en prenant compte le chauffage uniquement. Cette facture dépend :

- des conductances caractérisant les **déperditions thermiques**  $U_{\text{bat}}$  et les **déperditions totales**  $H$  ;
- des apports de la **chaleur du Soleil**  $Q_s$  et **internes**  $Q_{\text{int}}$  ;
- du **besoin annuel en chauffage**  $Q_h$ , qui dépend évidemment de chaque besoin mensuel, ce qui induit un **coût annuel**  $C_h$ .

Le cas d'étude qui nous a été attribué est immatriculé **SEG143**, ce qui signifie que dans la maison dont on doit effectuer le diagnostic énergétique vit **Ivanie**, 72 ans, à **Craponne-sur-Arzon** (Auvergne, département de la Haute-Loire), que la façade d'entrée de cette maison est orientée **est** et qu'Ivanie se chauffe avec du **gaz**. Ces données vont nous permettre d'estimer la facture énergétique.

La maison considérée est un T3 comprenant un cellier et un garage non chauffés, qui n'a jamais été réhabilitée thermiquement. Elle est représentée sur la figure 1, ci-après. On va alors déterminer la facture énergétique d'un tel ouvrage en se basant sur les principes de base de la réhabilitation thermique. Le détail des calculs, notamment pour les données mensuelles, est donné dans une feuille de calculs en fichier annexe.

### ➤ **Calcul des déperditions :**

Les déperditions sont composées de déperditions par toutes les parois internes, qui sont les déperditions thermiques de la structure,  $H_{\text{bat}}$ , et de déperditions par ventilation/conduction, qu'on va appeler  $H_v$ , de sorte que  $H = H_{\text{bat}} + H_v$ .

- Ici,  $H_{\text{bat}} = 1,2 \sum_{\text{paroi } i} U_i S_i b_i$ , où  $U$  est la conductance,  $S$  la surface et  $b$  un coefficient valant 1 si la paroi sépare l'intérieur de l'extérieur, et 0,5 si elle se trouve à l'intérieur de la maison. L'application numérique donne  $H_{\text{bat}} = 450,9 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ .

- On en déduit  $U_{\text{bat}} = \frac{H_{\text{bat}}}{\sum_{\text{paroi } i} S_i} = 2,10 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

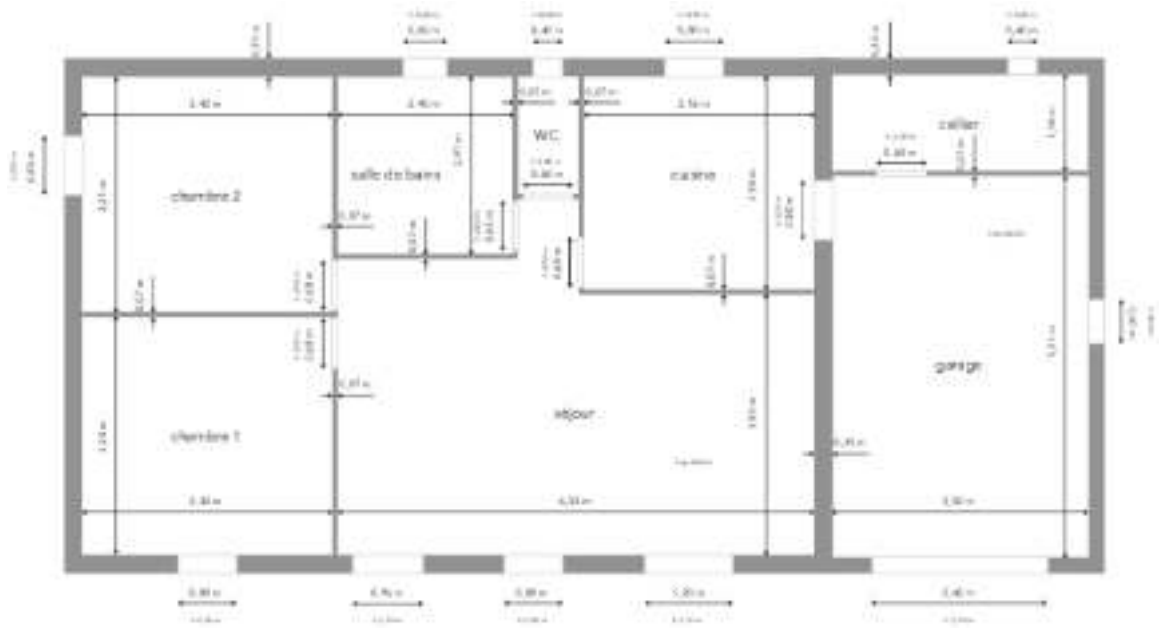


FIGURE 1 – Plan de la maison à réhabiliter

— Ensuite,  $H_v = tC_vV_{\text{bat}}$ , où  $t = 1,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  est le taux de renouvellement de l'air, et  $C_v = 0,34 \text{ Wh} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$  est la chaleur volumique de l'air.

L'application numérique donne  $H_v = 80,8 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ .

— Finalement,  $H = 531,8 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ .

— Il y a aussi des **dépensements mensuelles**, données, pour le mois  $m$ , par  $Q_{\ell m} = \frac{24 \times \text{jours}_m H \overline{\Delta T}}{1000}$ , où  $\overline{\Delta T} = 21^\circ\text{C} - T_{\text{ext}}$ .

➔ **Calcul des gains énergétiques :**

Les gains énergétiques sont donnés par  $Q = Q_s + Q_{\text{int}}$ .

— Le gain solaire est donné par  $Q_s = \sum_{m=1}^{12} Q_{sm}$ , où  $Q_{sm} = \frac{24 \times \text{jours}_m \times F_s}{1000} \sum_{\text{orientation } i} A_i I_i$  est l'apport solaire moyen, avec  $F_s = 0,8$  le facteur solaire,  $A_i$  la surface de vitrage pour l'orientation  $i$ , et  $I_i$  l'irradiation solaire moyenne pour l'orientation  $i$ . L'application numérique donne  $Q_s = 3225,2 \text{ kWh}$ .

— Le gain interne  $Q_{\text{int}}$  est donné par  $Q_{\text{int}} = \sum_{m=1}^{12} Q_{\text{int}m}$  où  $Q_{\text{int}m} = \frac{24 \times \text{jours}_m A_{\text{int}} S_{\text{bat}}}{1000}$  où  $A_{\text{int}} = 4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  est l'apport interne. L'application numérique donne  $Q_{\text{int}} = 2289,2 \text{ kWh}$ .

— Finalement,  $Q = 5514,3 \text{ kWh}$ .

➔ **Calcul des besoins énergétiques :**

— Il faut connaître la température de non chauffage, pour chaque mois, afin de déterminer si un apport par le chauffage est nécessaire. On a  $T_{ncm} = T_{ext} + \frac{1000 \times Q_m}{24 \times \text{jours}_m H} + 1$ , où  $Q_m = Q_{sm} + Q_{intm}$ . On considère de plus que  $T_{ncm}$  est la température du 15 de chaque mois : ainsi le nombre de jours chauffés vaudra soit 0, soit 15, soit 28/30/31. On peut alors en déduire le nombre de jours de chauffage pour chaque mois, ce qui influe évidemment le calcul de  $Q_h$ .

— Les besoins énergétiques annuels sont donnés par  $Q_h = \sum_{m=1}^{12} Q_{hm}$ , où l'apport énergétique pour le mois  $m$  est donné par  $Q_{hm} = \max(0, Q_{\ell m} - \eta Q_m) \times \frac{\text{jours de chauffe}_m}{\text{jours}_m}$ .

$$\text{Ici, } \eta = \frac{1 - \gamma^{1+\tau/16}}{1 + \gamma^{1+\tau/16}}, \text{ avec } \gamma = \frac{Q_m}{Q_{\ell m}}, \tau = \frac{230}{3,60} \times \frac{S_{chauffée}}{H}.$$

L'application numérique donne  $Q_h = 42389,2 \text{ kWh}$ .

➔ **Calcul des coûts :**

Fort de ces données énergétiques, on peut calculer la facture que paye Ivanie à l'heure actuelle, avec un système de chauffage au gaz et une maison pas réhabilitée depuis sa construction. Notons tout de même qu'à Craonne-sur-Arzon, il n'existe aucune distribution de gaz de ville. Ainsi, l'estimation du coût est approximative puisqu'aucune grille de tarifs pour ce secteur n'existe à ce jour.

Le coût annuel de la facture est donné par  $C_h = \frac{Q_h}{\rho_{gaz}} \text{prix}(1 \text{ kWh})$ , avec  $\rho_{gaz} = 85\%$  le rendement de la ressource gaz, et un prix du kilowattheure compris entre 0,0541 € et 0,0577 €, c'est une fourchette car les tarifs ne sont pas référencés dans cette zone.

Finalement, la facture est estimée entre  $2698 \text{ €}$  et  $2877 \text{ €}$ .