

RAPPORT PROJET THERMIQUE



Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace



ENSMA

TURPIN Nathan

LANGLOIS Noah

24/04/2023
ISAE-ENSMA – A2

INTRODUCTION

Le but de cette étude est d'analyser les aspects thermiques d'une maison individuelle, dont on a façonné les plans, les matériaux, la localisation, l'isolation ainsi que son type de chauffage.

Une fois toutes ses caractéristiques choisies nous pouvons calculer les déperditions thermiques, dimensionner la puissance de chauffe, estimer la consommation énergétique liée au chauffage avec étude de l'influence de température intérieur et enfin la consommation énergétique totale en comptant l'eau et les appareils électroniques.

Pour pouvoir analyser ces résultats, nous pouvons vérifier si nos résultats répondent aux exigences de la loi RT 2012 et ainsi adapter notre logement si besoin.

HYPOTHÈSES

Avant tout, nous avons besoin d'hypothèses de travail afin de simplifier notre étude et ne pas la rendre trop complexe même si l'on s'éloigne peut-être du résultat réel.

La première hypothèse que l'on fait est que **nous négligeons les apports solaires** qui pourraient apporter un chauffage naturel de l'habitat et donc baisser la consommation mais pour compenser nous allons faire la deuxième hypothèse qui **exclut l'utilisation d'une climatisation** qui pourrait elle au contraire apporter un surplus de consommation.

De plus, avant de choisir les plans de notre maison, elle doit répondre aux critères suivants :

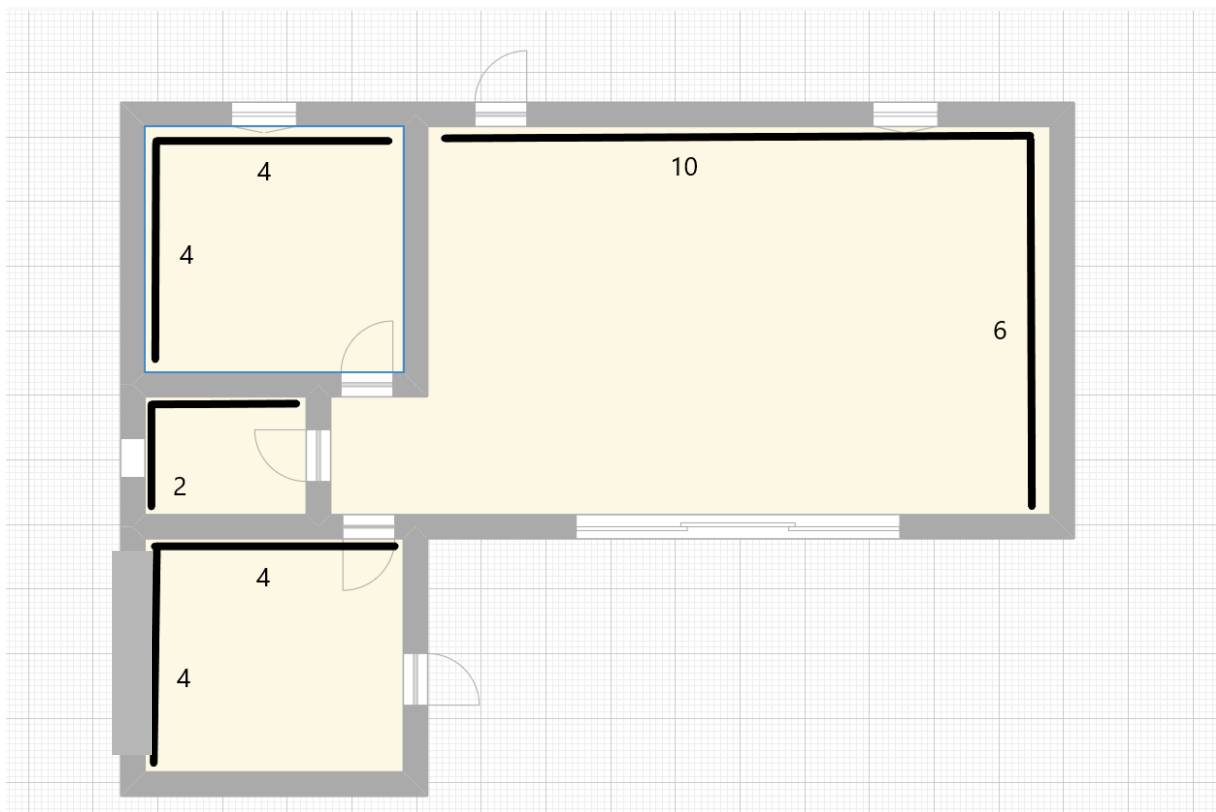
- 300 m³ de volume habitable.
- Maison bâtie sur vide sanitaire.
- 25 m² de surface vitrée.
- 6 m² de porte sur l'extérieur.

L'HABITAT

Pour commencer nous avons choisis une maison de **plain-pied** avec **3m de hauteur sous plafond**. Ce qui implique une **surface habitable de 100m²** à définir.

Il nous faut maintenant choisir une localisation. Par pure envie subjective, nous avons choisi de nous installer sur **l'île d'Oléron**, en bord de mer. De ce fait, nous retenons une **température extérieure de base qui sera égale à 0°C** pour notre localisation.

Nous pouvons maintenant établir les plans de la maison : (cotes en mètres)



Par la suite, il nous faut définir les surfaces vitrées ainsi que les surfaces de portes :

- porte vitrée : 2.15m X 1.4m
- fenêtre chambre : 1.5m X 1.5m
- fenêtre salle de bain : 0.6m X 0.4m
- fenêtre salon/cuisine : 1.5m X 2.5m
- baie vitrée : 2.15m X 7.33m

Surface totale vitrée : 25m²

Pour les portes donnant sur l'extérieur :

- porte vitrée : 2.15m X 1.4m
- porte d'entrée : 2.15m X 1.4m

Surface totale : 6.02 m²

Les contraintes de surfaces vitrées et de portes sur l'extérieur sont vérifiées.

DÉPERDITIONS THERMIQUES

Pour commencer, nous allons calculer les déperditions thermiques définies par $U_{\text{bât}}$ par la formule suivante :

$$U_{\text{bât}} = \frac{H_D + H_S + H_U}{A_T} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

Avec A_T la surface totale des parois déperditives, H_D le coefficient de transmission directe vers l'extérieur, H_S le coefficient de transmission vers le sol et enfin H_U celui vers le comble perdu.

Nous avons donc déjà la valeur de $A_T = 300 \text{ m}^2$

- H_D

Nous cherchons d'abord H_D qui est défini par cette formule :

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j X_j$$

Déperditions
surfaciques

Déperditions
linéiques

Déperditions
ponctuelles




Où U_i [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$] est le coefficient de transmission thermique de la paroi i.

Ici nous allons **négliger les déperditions ponctuelles** et considérer uniquement les surfaces et linéiques.

Les U_i sont eux-même définis par :

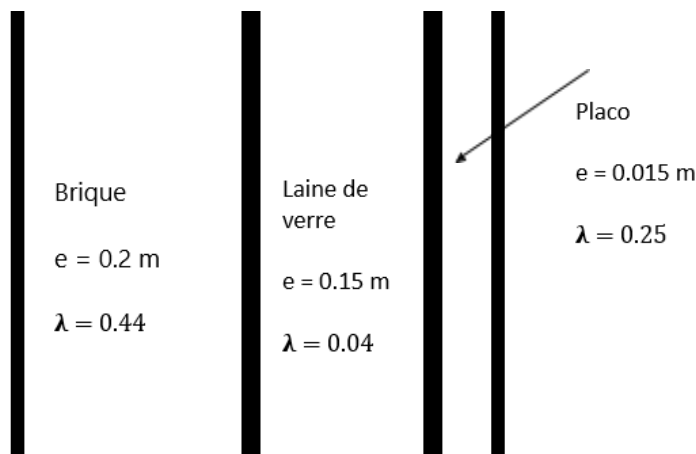
$$U = \frac{1}{R_{th}} \quad \text{avec} \quad R_{th} = \frac{1}{h_i} + \sum_k \frac{e_k}{\lambda_k} + \frac{1}{h_e}$$

- Les h_i sont définis dans ce tableau suivant :

Sens de la paroi *	Sens du flux	$1/h_i = R_{si}$	$1/h_e = R_{se}^{**}$	$R_{si} + R_{se}$
Verticale		0,13	0,04	0,17
Horizontale		0,10	0,04	0,14
		0,17	0,04	0,21

- Les e_k correspondent à l'épaisseur du matériau de la paroi.
- Enfin, λ_k correspondent à la conductivité des matériaux.

Dans notre cas, les murs sont disposés de la façon suivante (avec du béton de granulats légers) :



En appliquant toutes les propriétés on obtient $H_D = 74,95 \text{ W.K}^{-1}$

Il nous reste alors à calculer les H_S et les H_U qui sont définis par les formules suivantes :

$$H_S = b_U \left[\sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k \right] [W \cdot K^{-1}]$$

Déperditions
surfaiques

Déperditions
linéiques

Ici, on négligera les déperditions linéiques. De plus, b_U est défini par :

$$b_U = \frac{T_i - T_{su}}{T_i - T_e}$$

Exemples de b_U : vide sanitaire $\rightarrow 0.8$; combles fortement ventilés: 1

Sachant que pour H_U la formule est la même, H_S concerne seulement le sol. H_U concerne lui dans notre cas les combles perdus.

Pour notre maison, on distingue 2 cas particuliers au sol :

- Un sol fait de parquet (1,6 cm), d'une couche de laine de verre (15 cm) et une fondation en béton (60 cm) qui représente une surface de $94,4 \text{ m}^2$
- Un sol fait de carrelage (1 cm) et de la même base que le premier qui représente une surface de $5,6 \text{ m}^2$

Pour chaque type de sol, nous avons effectué les calculs de résistance thermique pour ensuite obtenir les $A_i U_i$ des déperditions surfaiques.

On obtient donc les résultats suivant :

Sol	Surface	Conductivité	épaisseur	R	U	AiUi	
Parquet	94,4	0,2	0,016	4,47	0,22371365	21,1185682	
Carrelage	5,6	1,3	0,01	4,39769231	0,22739199	1,27339514	
laine	100	0,04	0,15				
						22,3919634	TOTAL

Avec finalement $H_s = 17,427 \text{ W.K}^{-1}$

Pour le calcul de H_U , il nous faut définir notre plafond. Pour cela, nous avons choisi une **dalle en béton de 20 cm** d'épaisseur, recouverte d'une couche de **laine de verre de 28 cm** d'épaisseur et enfin du **placo** qui vient habiller le béton avec une épaisseur de **1,5 cm**.

De la même manière que précédemment, on obtient les valeurs suivantes :

Plafond	Surface	Conductivité	épaisseur	R	U	AiUi	
placo	100	0,25	0,015	7,36	0,13586957	13,5869565	
Béton	100	2	0,2				
laine	100	0,04	0,28				

Avec finalement $H_U = 13,2569 \text{ W.K}^{-1}$

Ainsi on peut enfin obtenir notre valeur pour $U_{bat} = 0,3078 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$

DIMENSIONNEMENT DE LA PUISSANCE DE CHAUFFE

Dans cette partie nous allons chercher à calculer dimensionner notre puissance de chauffe. Nous disposons de la définition suivante :

$$\Phi_{DT} = Dp \times (T_i - T_{base})$$

$$Dp = Ubât \times A_T + R \times V_h$$

Avec Φ_{DT} : la puissance de chauffe en W; Dp les déperditions thermiques; R le coefficient de pertes de la ventilation et enfin V_h le volume habitable ici égal à 300 m³.

Le paramètre R varie en fonction de la VMC choisie, il vaut 0,2 pour une VMC autoréglable et 0,14 pour une VMC hygroréglable.

$$R = 0.34 \times N \times f_v \quad f_v = \frac{T_i - T_{su}}{T_i - T_e} \quad \text{pour une ventilation double flux.}$$

Nous allons donc réaliser les calculs pour ces deux types de VMC :

	R	Dp	Phi DT
VMC auto	0,2	165,636298	3147,08967
VMC hygro	0,14	147,636298	2805,08967
			W

On remarque que la VMC hygroréglable est préférable à la VMC autoréglable. On va calculer maintenant la même chose dans le cas d'une ventilation double flux :

	R	Dp
VMC auto	0,2	165,636298
VMC hygro	0,14	147,636298
VMC Double	0,068	126,036298

On remarque que les déperditions sont moins grandes pour la ventilation double flux que l'on choisira alors pour la conception de notre maison.

On calcul également les puissances de chauffe associées :

			W	W	W
	R	Dp	Phi DT	Phi V	Phi V double
VMC auto	0,2	165,636298	3147,08967	969	387,6
VMC hygro	0,14	147,636298	2805,08967		
VMC Double	0,068	126,036298	2394,68967		

CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

Dans cette partie, nous allons calculer la consommation d'énergie primaire liée au chauffage, à la consommation d'eau et enfin à la consommation électrique.

- Consommation d'énergie primaire liée au chauffage :

Nous disposons de la formule suivante :

$$E_p[kWh] = Dp \times \sum_{\text{Année}} DJU \times \frac{24}{1000} \times f_a$$

Les DJU représentent l'écart entre la température moyenne d'une journée et un seuil de température, généralement 18°C. Les DJU sont additionnés par jour, par mois, ce qui permet un calcul très précis des besoins en chauffage d'un bâtiment dans une zone climatique donnée.

f_a lui représente un coefficient réducteur lié au fonctionnement par intermittence, aux apports internes (occupants, éclairages...) aux apports externes par ensoleillement.

On obtient dans l'ordre pour une VMC autoréglable, puis pour une VMC hygroréglable et enfin pour une ventilation double flux :

kWh/an
Ep chauff
4444,67118
3961,66062
3382,04795

- Consommation d'énergie primaire liée à l'eau :

Nous disposons de la formule suivante :

$$E_{\square}[kWh] = m \times Cp \times (Tc - Tf) / 3.6e6$$

m représente la masse d'eau chauffée à l'année en kg, T_c représente lui la température de consigne du ballon qui sera prise ici égale à 60°C

Il faut noter que si le ballon est électrique, on a :

$$E_p[kWh] = f_p \times E$$

Avec les facteurs de conversions suivants :

- Combustible fossile : $f_p = 1$
- Électricité : $f_p = 2,5$
- Électricité autoproduite par cogénération à haut rendement : $f_p = 1,8$
- Biomasse : $f_p = 1$

Ici on choisi $f_p = 2,5$

Pour la consommation d'eau, nous avons supposé que la maison accueille en moyenne 3 personnes qui consomment 0,04 m³/jour d'eau à chauffer. On obtient les valeurs suivantes :

Conso eau	0,12	43,8	Ro eau	1000	Cp eau	4186
m³/j	m³/an		kg/m³		J/(kg.K)	

On obtient le résultat suivant :

kWh/an
Ep eau
2546,48333

- Consommation d'énergie primaire liée à la consommation électrique des équipements :

Concernant la consommation des équipements, nous avons listé les équipements dont dispose la maison ainsi que leur consommation électrique que nous avons trouvé pour la plupart sur Internet ce qui nous donne :

		W	h/jour	h/an	kWh
	Nombre	Puissance Unit	Temps d'util	Temps ann	Conso
Four	1	3000	1	365	1095
Frigo	1	-	-	-	211
Éclairage	6	10	2	730	7,3
Bouilloire	1	2200	0,5	182,5	401,5
Plaques Chauff	1	7200	1	365	2628
Micro-ondes	1	900	0,5	182,5	164,25
Grille-pain	1	950	0,5	182,5	173,375
Lave-vaisselle	1	-	-	-	265
Lave-linge	1	-	-	-	55
Sèche-linge	1	-	-	-	227
Hotte	1	150	1	365	54,75
					5282,175

CALCUL DU C_{EP}

Pour finir et pour pouvoir conclure sur le respect ou non de la loi RT2012 nous allons calculer le C_{EP} dont la formule est donnée ci-dessous :

$$C_{EP} = (E_{P \text{ Chauff}} + E_{p \text{ Eau}} + E_{P \text{ Équipement}}) / S \quad \text{Avec } S = 100 \text{ m}^2 \text{ (surface du sol)}$$

On obtient les résultats suivants dans l'ordre, pour une VMC autoréglable, puis pour une VMC hygroréglable et enfin pour une ventilation double flux :

kWh/(m ² .an)
Cep
122,733295
117,90319
112,107063

On remarque que le C_{EP} est ici beaucoup trop grand, il devrait être inférieur à 60 kWh/(m².an). On suggère donc d'ajouter des panneaux solaires afin de réduire ce C_{EP} et enfin respecter la norme RT2012.

AJOUT DE PANNEAUX SOLAIRES

Après calculs, nous obtenons un $C_{EP} > 120 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$, or en vue de notre localisation nous devrions être aux alentours de $50 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$. Pour palier à ce problème, nous décidons d'installer des panneaux solaires sur le toit de notre maison. En considérant que la maison est orientée dans les meilleures conditions c'est-à-dire plein sud avec une pente de notre toit comprise en 35° et 45°, nous serions capables de générer 274 kWh/an pour 1 m² de panneau solaire. On choisit alors d'en installer 24 m^2 , ce qui nous permet d'améliorer de manière satisfaisante notre Cep.

Panneau solaire	
Surface (en m ²)	24
Prod positive /m ²	274
Production totale	6576

Nous avons alors ajouté la production totale de nos panneaux solaires aux consommations des équipements, du chauffage et de l'eau pour obtenir le Cep modifié. Voici donc notre Cep final qui est de $46.34 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$ pour une VMC double flux.

kWh/(m ² .an)
Cep
56,9732951
52,1431895
46,3470628

CONCLUSION

En conclusion, nous avons finalement atteint une valeur de Consommation d'énergie primaire totale qui vérifie la loi RT 2012 sur les logements. Cependant, nous avons fait des hypothèses réductrices pour simplifier l'étude comme par exemple des hypothèses sur la maison elle-même avec un volume habitable de 300 m³ qui donne sur un vide sanitaire, 25 m² de surface vitrée mais aussi sur la partie énergétique. Nous avons en effet négligé les apports solaires, exclut le recours à la climatisation. Malgré ces hypothèses, nous avons pu réaliser qu'il n'est pas facile de respecter la norme RT 2012 et qu'il faut faire des compromis sur les équipements, les matériaux d'isolation ou encore le type de VMC utilisé.

Cependant, ce projet nous a permis de mieux appréhender les transferts thermiques et la consommation d'une maison entière. Nous avons également été sensibilisés à la consommation de nombreux appareils que nous utilisons quotidiennement et voyons désormais l'impact de leur utilisation sur la consommation totale de la maison.