

Méthode de mur 1-D équivalent :

application à des géométries 2-D et 3-D à 2 ou 3 zones de température

– impact sur la performance énergétique d'un bâtiment

Julien Quinten (1*) & Véronique Feldheim (1)

énergie
INSTITUT DE RECHERCHE EN ENERGIE
DE L'UMONS

fnrs
LA LIBERTÉ DE CHERCHER

Société Française
de Thermique

Introduction - Contexte

Hypothèse courante dans les logiciels de simulation énergétique des bâtiments : flux de chaleur par conduction 1-D

→ Effets dynamiques des détails 2D/3D ne peuvent pas être considérés (i.e. ponts thermiques)

→ Nécessité d'une méthode précise et simple à intégrer dans les logiciels existants

→ **Méthode du mur 1-D équivalent** : comportement identique au détail 2-D/3-D qu'il remplace

✓ Résistance thermique

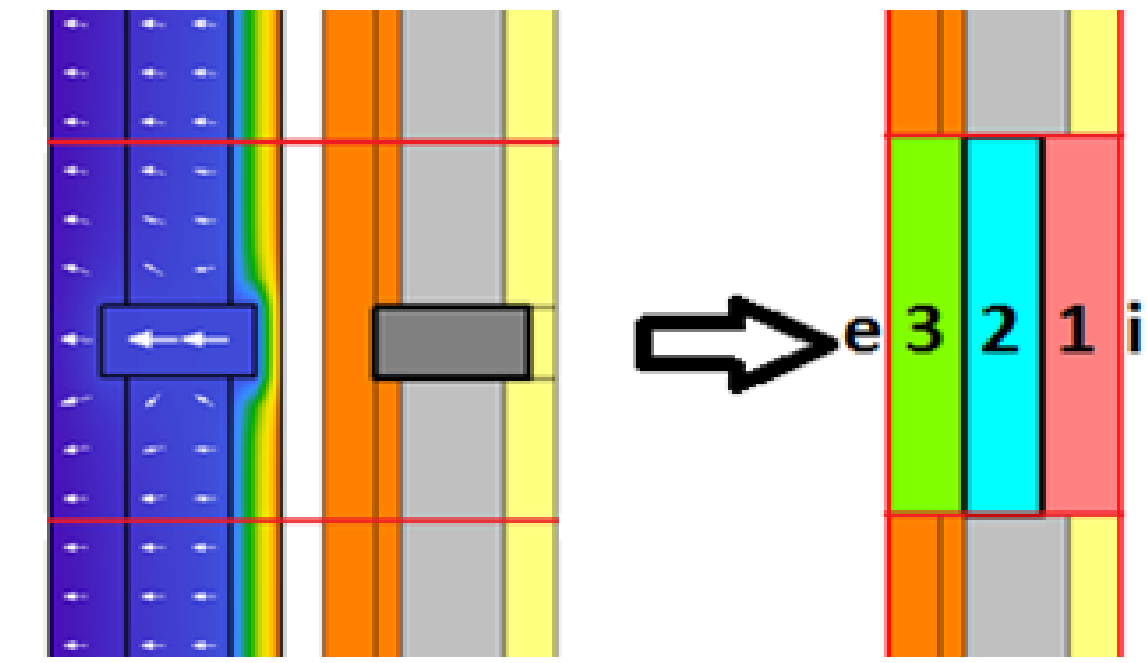
✓ Capacité thermique

✓ Facteurs de structure

✓ Réponse à des sollicitations sinusoïdales : $T_e(t)$ = somme d'harmoniques représentatives, $T_i(t)$ = signal sinus (24h) → minimisation d'une fonction objectif F

→ Détermination de R_m , C_m ($m = 1, 2, 3$) → e_m , λ_m , ρ_m , c_m

→ Etude de l'impact sur l'évaluation de la performance énergétique d'un bâtiment à faible consommation énergétique



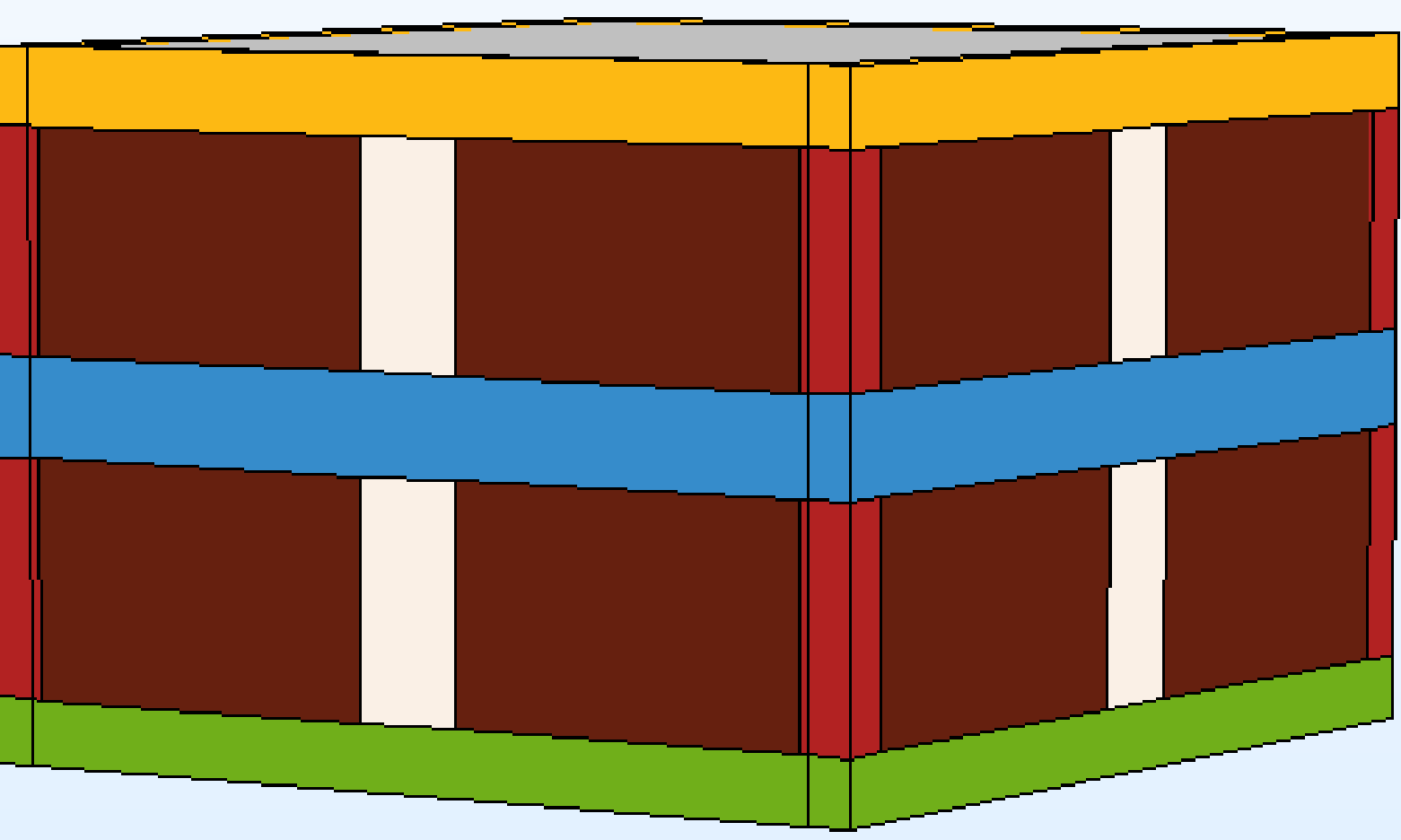
$$F = \sqrt{\sum_{t=400h}^{t=2000h} (q_i(t) - q'_i(t))^2}$$

Bâtiment étudié

Caractéristiques d'une maison passive à ossature bois

- ❖ RDC + 1 étage (4 façades)
- ❖ Bonne isolation et bonne étanchéité à l'air
- ❖ Flux 1-D sur 43% de l'enveloppe extérieure
- ❖ Modèle monozone
- ❖ Taux de renouvellement d'air par ventilation : 0.35 h⁻¹
- ❖ Récupérateur de chaleur sans by-pass ($\eta = 85\%$)
- ❖ Protections solaires
- ❖ Gains internes : 600 W en moyenne

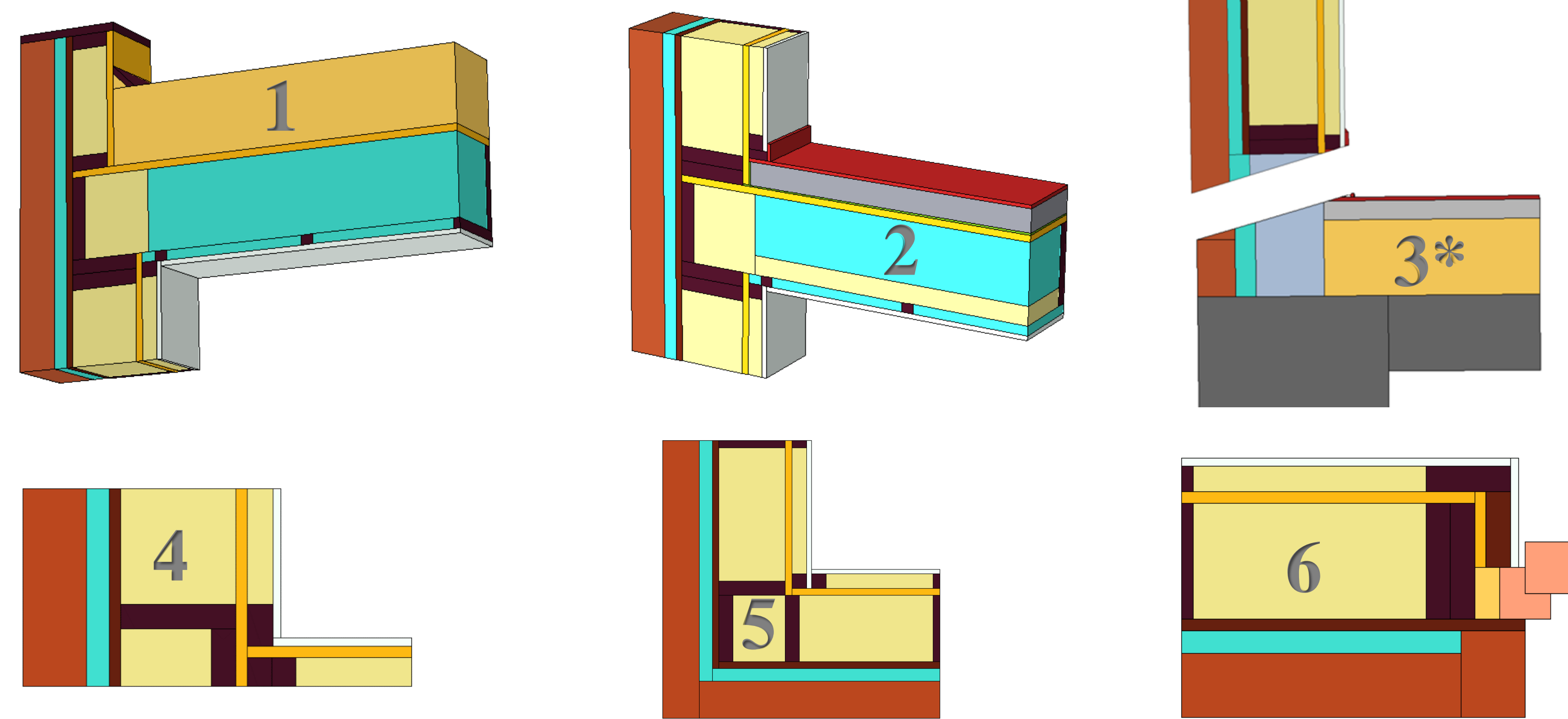
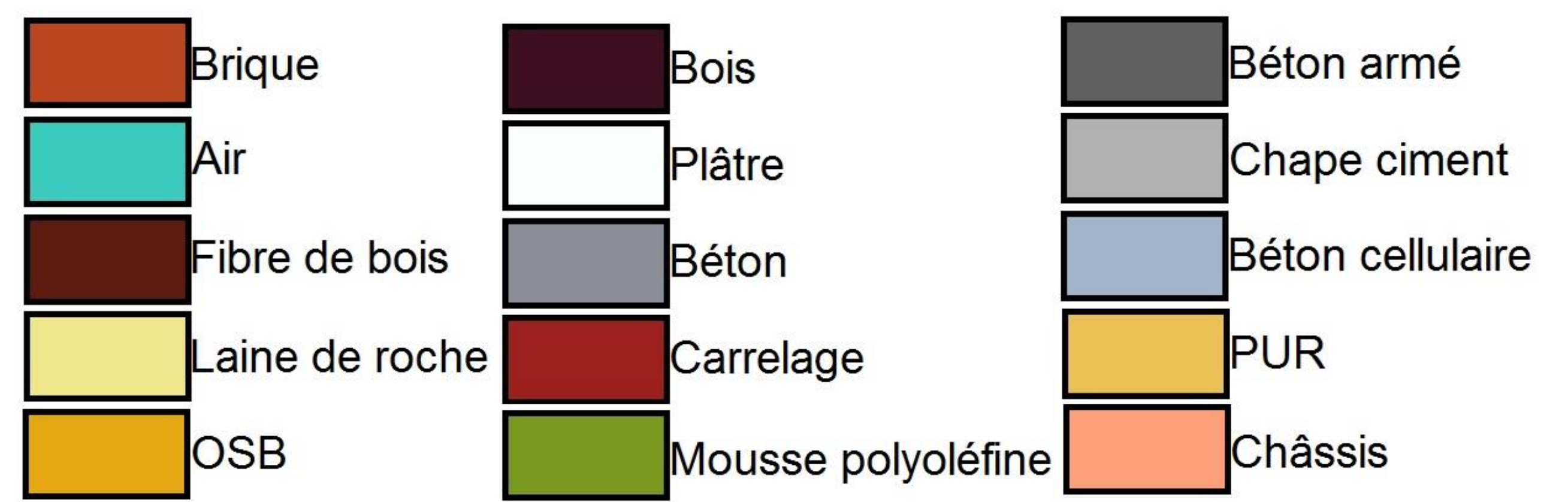
V	A _{ch}	A _{dép}	A _{fen}	U _{mur}	U _{toit}	U _{dalle}	U _{fen}	g _{fen}	n ₅₀
m ³	m ²	m ²	m ²	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-	h ⁻¹
558	174	414	27	0.18	0.12	0.13	0.57	0.59	0.6



Zones d'influence des jonctions
(pas de superposition)

1. Mur ext. – toiture plate (jaune)
2. Mur ext. – plancher int. (bleu)
3. Mur ext. – dalle de sol (vert)
4. Mur ext. – mur int. (blanc)
5. Mur ext. – mur ext. (rouge)
6. Mur ext. – châssis (fenêtres dans les zones brunes)

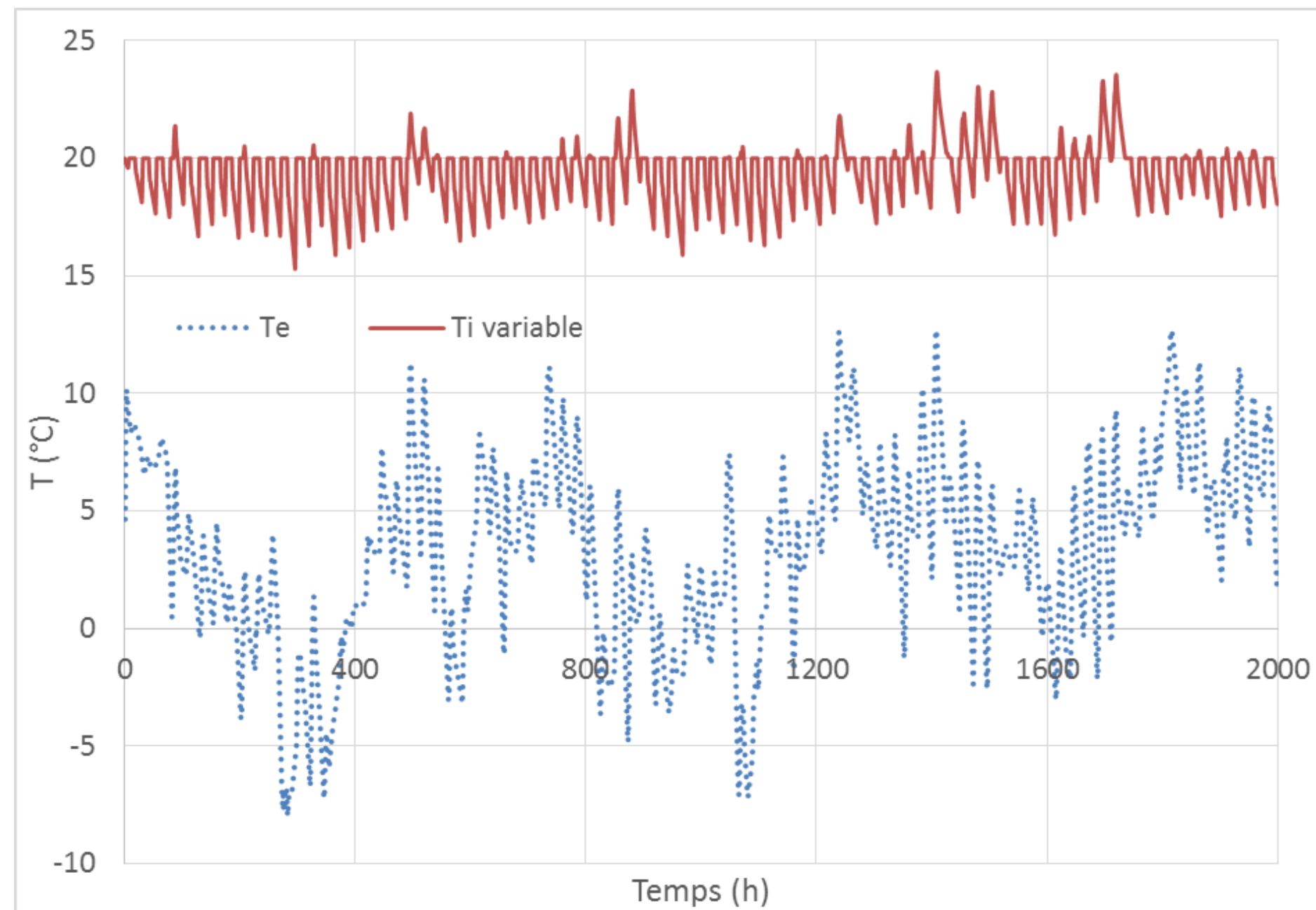
Détail des ponts thermiques



3* : cas à 3 zones (T_e , T_i , T_{sol}) : mur équivalent pour chaque partie + CL adéquates

Validation des murs équivalents

Conditions de simulation



$U_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\alpha_{\text{solaires}} = 0.75$
 $\Delta t = 1 \text{ h}$
 T_i variable
 T_e et ϕ_{solaires} : Bruxelles

Comparaison avec la méthode classique

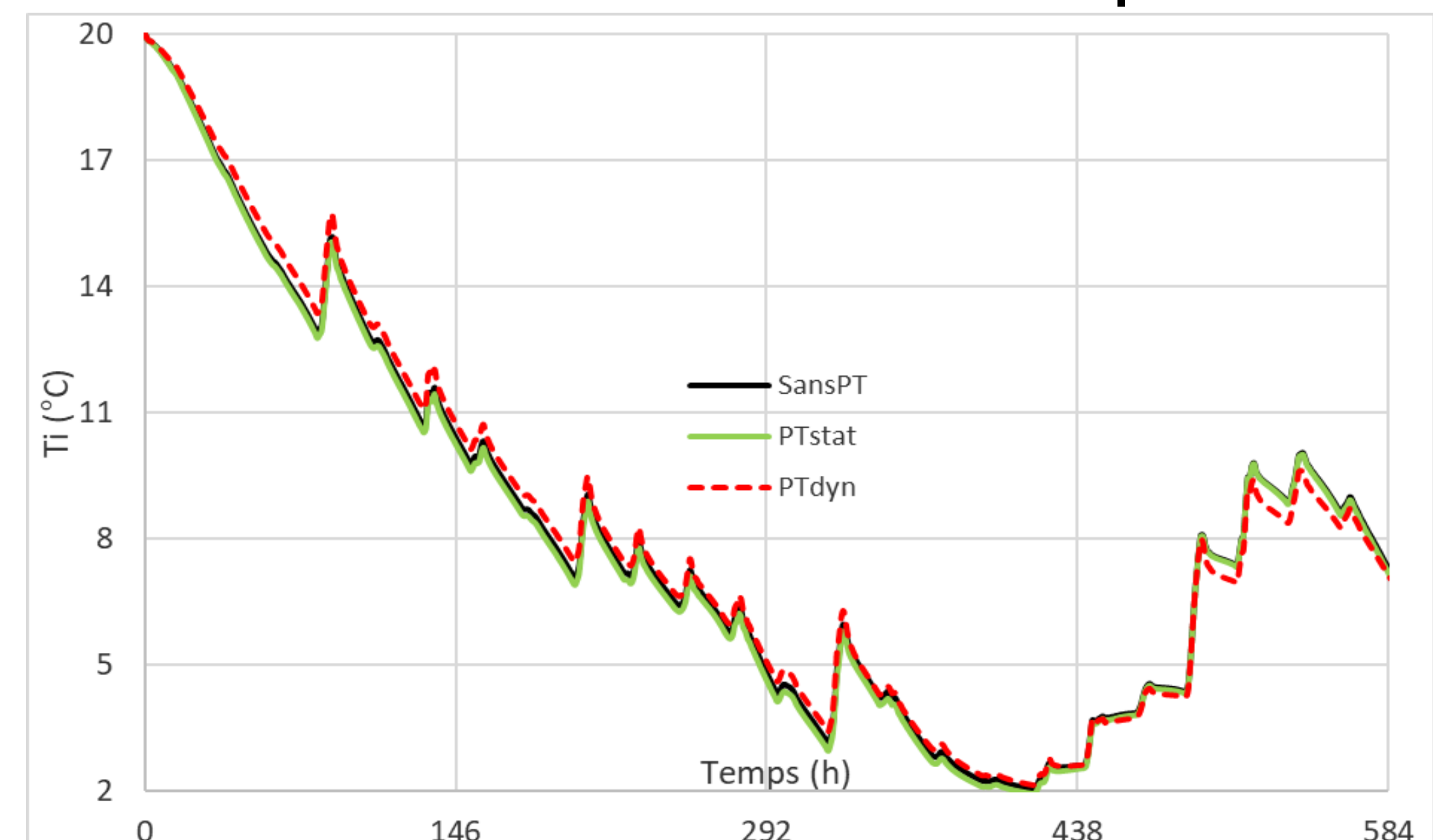
$$q_{i,\text{classique}}(t) \times A = q_{i,1D}(t) \times A + \psi \times l \times (T_e(t) - T_i(t))$$

Détail n°	Méthode	E _{int} %	ϵ_{mov} W/m	L m	$\epsilon_{\text{mov}} \cdot L$ W	Ψ W/mK
1	Classique	17	1.5	37	55	-0.039
	Equivalent	0.01	0.2	37	5.4	-
2	Classique	5	4.3	37	160	0.044
	Equivalent	0.1	0.1	37	4.7	-
3	Classique	0.47	2.0	37	73	0.021
	Equivalent	0.51	0.1	37	3.7	-
4	Classique	9	0.6	68	42	0.048
	Equivalent	0.05	0.4	68	29	-
5	Classique	8	1.1	17	18	-0.107
	Equivalent	0.04	0.1	17	1.5	-
6	Classique	2	0.4	34	13	0.005
	Equivalent	0.3	0.2	34	7.2	-

Simulations énergétiques du bâtiment

- ❖ SansPT : effet des ponts thermiques négligé
- ❖ PTstat : effet stationnaire des ponts thermiques considéré (Ψ)
- ❖ PTdyn : effet dynamique des ponts thermiques considéré (murs équivalents)

Evolution naturelle de la température



Besoins annuels en énergie

Chauffage (20-16°C, 4 kW max)			Refroidissement (25°C, 2 kW max)		
kWh/m ²					
SansPT	PTstat	PTdyn	SansPT	PTstat	PTdyn
8.66	9.15	9.04	7.75	7.53	7.07
	+5.7%	+4.4%		-2.8%	-8.8%

Conclusions

- ❖ Inertie globale du bâtiment un peu plus importante (dynamique considérée)
- ❖ Peu d'impact sur les besoins annuels de chauffage
- ❖ Impact des ponts thermiques triplé pour les besoins annuels en froid
 - 0.46 kWh/m²/an en absolu
- ❖ Ecart max de puissance instantanée : 500 W (froid) ; 600 W (chauffage)
- ❖ Surchauffe : -4 à -8% (PTstat) ; -9 à -19% (PTdyn) selon T_{seuil} (23-28°C)
- ❖ → Etude d'autres types de ponts thermiques et bâtiments

(*) Auteur correspondant (julien.quinten@umons.ac.be)

(1) Faculté Polytechnique de Mons – Service de Thermique et Combustion
Rue de l'Epargne, 56 – 7000 Mons (Belgique)

