

# Détermination d'un mur 1D équivalent à une structure 2D/3D : nouvelle fonction objectif, impact du flux solaire et des phénomènes surfaciques



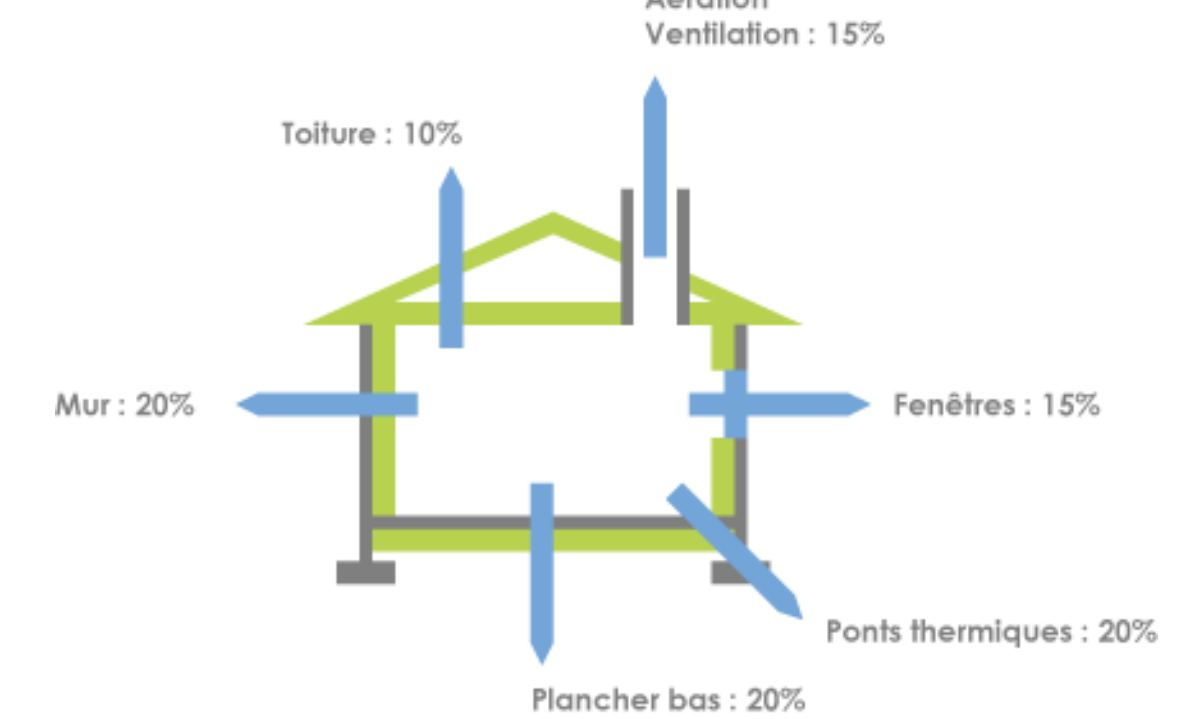
Julien QUINTEN (1\*) & Véronique FELDHEIM (2)

## Introduction - Contexte

Détail 2D/3D : Zone de l'enveloppe où la géométrie est 2D/3D et qui modifie la résistance thermique, ailleurs uniforme (1D), de l'enveloppe (i.e. ponts thermiques)

Utilisation de logiciels de simulation énergétique : prédiction du comportement énergétique des bâtiments

- Effet stationnaire des détails 2D/3D : facilement pris en compte (coefficient de déperdition)
- Effet dynamique des détails 2D/3D non considéré (déphasage, amortissement entre les variations de  $T_i$  et  $T_e$ )
- **Objectif : Méthode simple et précise de prise en compte des effets dynamiques des détails 2D/3D de l'enveloppe d'un bâtiment, afin de les intégrer dans un logiciel de simulation énergétique de bâtiments**



Déperditions d'une maison passive individuelle neuve (Direction de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction, France)

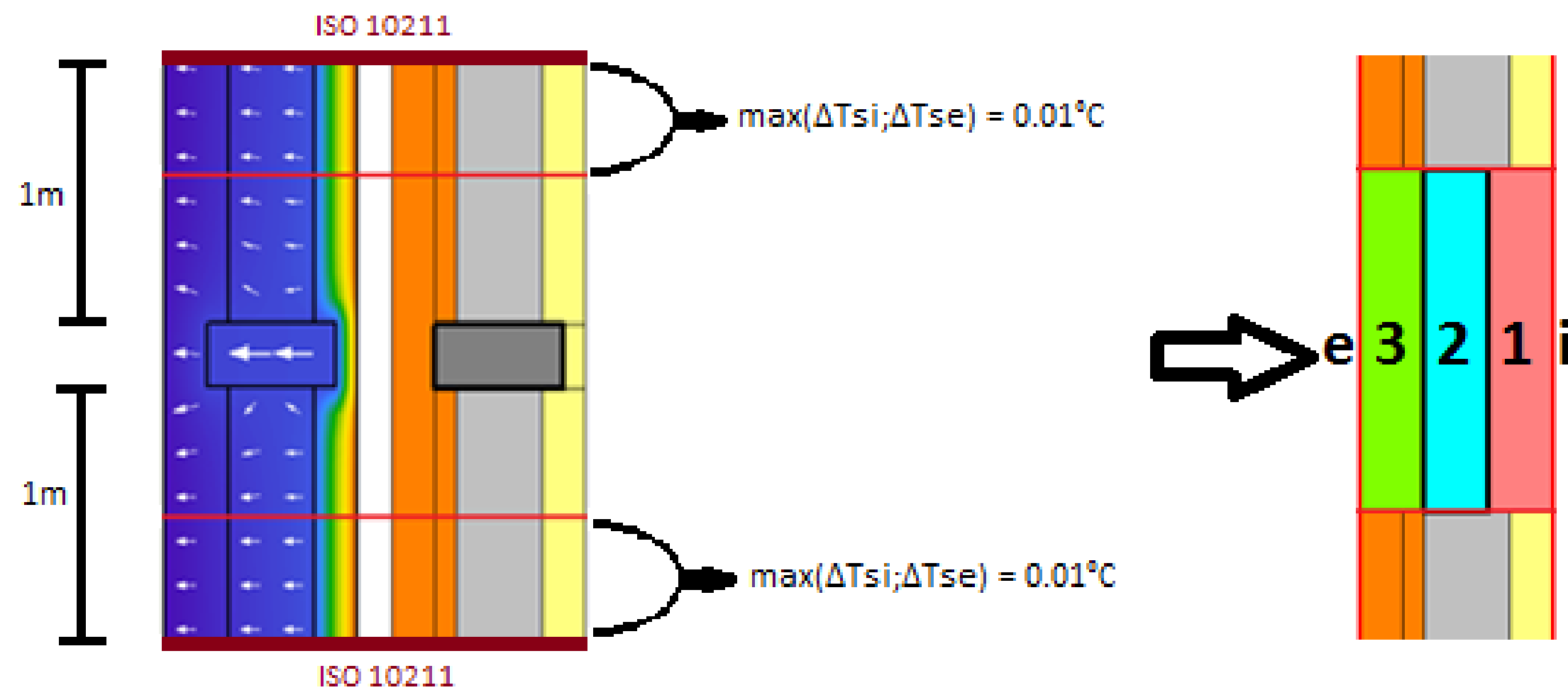
## Méthode du mur équivalent

### Principe

Mur 1D qui remplace le détail 2D/3D : **mêmes comportements thermiques statique et dynamique**

→ Déterminer la résistance  $R_m$  et la capacité  $C_m$  de chaque couche

- Déduction de  $e_m, \lambda_m, \rho_m, c_m$  → inputs du logiciel de simulation
- Paramètres valables pour toutes CL et pour tous  $\Delta t$
- Non considérées : propriétés physiques =  $f(T)$ , humidité
- Optimum : 3 couches →  $R_1, C_1 - R_2, C_2 - R_3, C_3$
- Plans de coupe :  $\Delta T_{s,max} = 0,01^\circ C$ , par rapport à  $T_s$  à 1m du détail



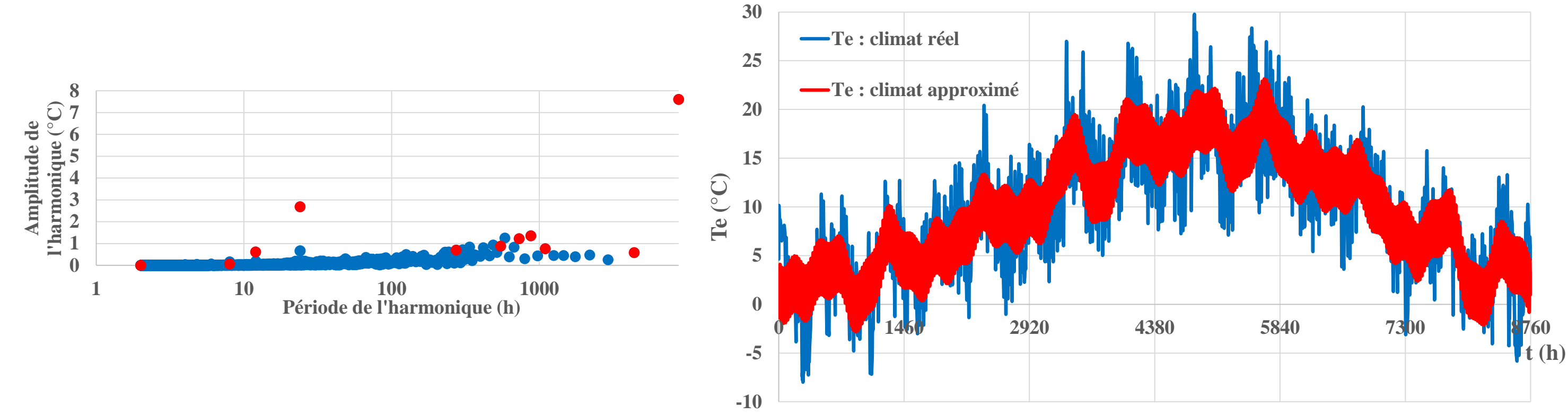
### Détermination

1) Même résistance  $R$ , capacité  $C$  et facteurs de structure  $\phi$

$\phi$  : répartition de la chaleur stockée et transférée à travers chaque surface 2D/3D : simulation stationnaire ( $T_e = 1, T_i = 0$ ) - 1D : relations  $f(R_m, C_m)$   
 → 4 relations pour 6 paramètres : infinité de solutions → fonction objectif F

2) Fonction objectif  $F$  à minimiser

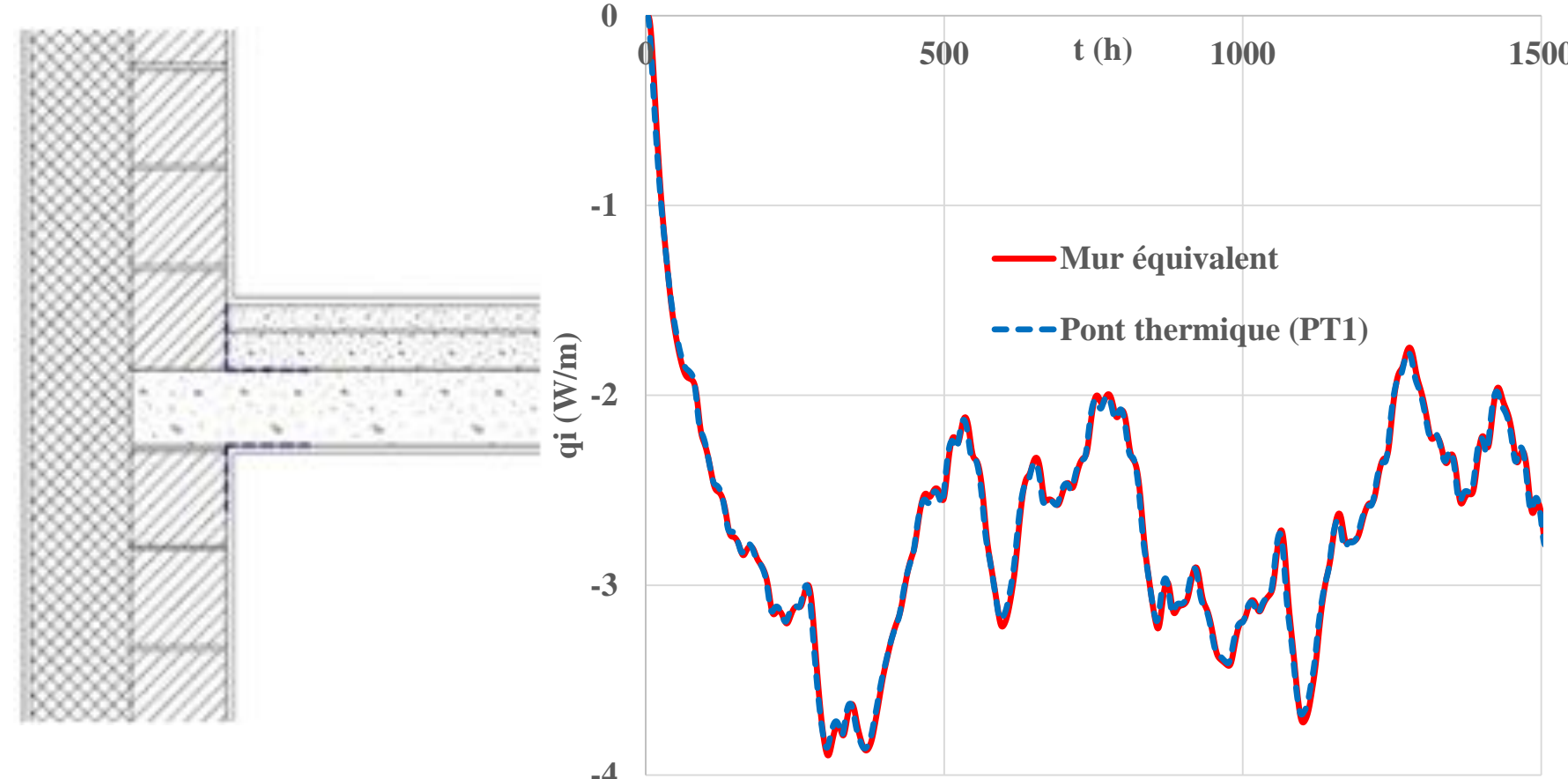
- Combinaisons de  $R_1-R_2$  :  $R, C$ , facteurs de structure →  $R_3, C_1, C_2, C_3$
- $F = \sum_{t=400h}^{2000h} (q_i(t) - q'_i(t))^2$  → « meilleure structure » : min. F
- $q_i$  : flux à travers la structure 2D/3D : simulation numérique (0-2000h)
- $q'_i$  : flux à travers le mur équivalent 1D : relations analytiques (harm.)
- $T_e$  : approximation du climat de Bruxelles (11 harmoniques),  $T_i = 0^\circ C$



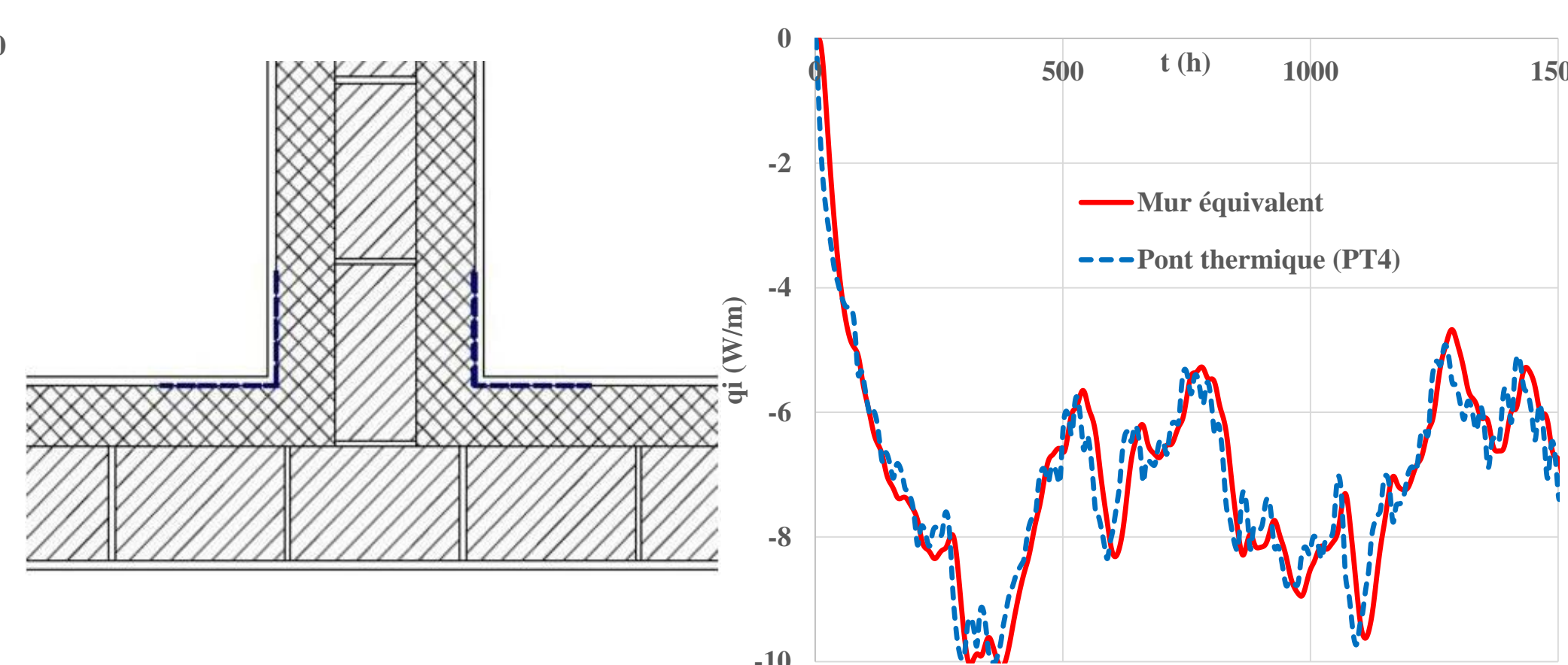
## Résultats

Simulations :  $t = 0h$  (01/01 à 00h) →  $t = 2000h$  (24/03 à 08h) avec  $\Delta t = 1h$ . CL :  $K_e = 23 W/m^2K$ ,  $T_e$  : données réelles de Bruxelles,  $K_i = 8 W/m^2K$ ,  $T_i = 20^\circ C$ .

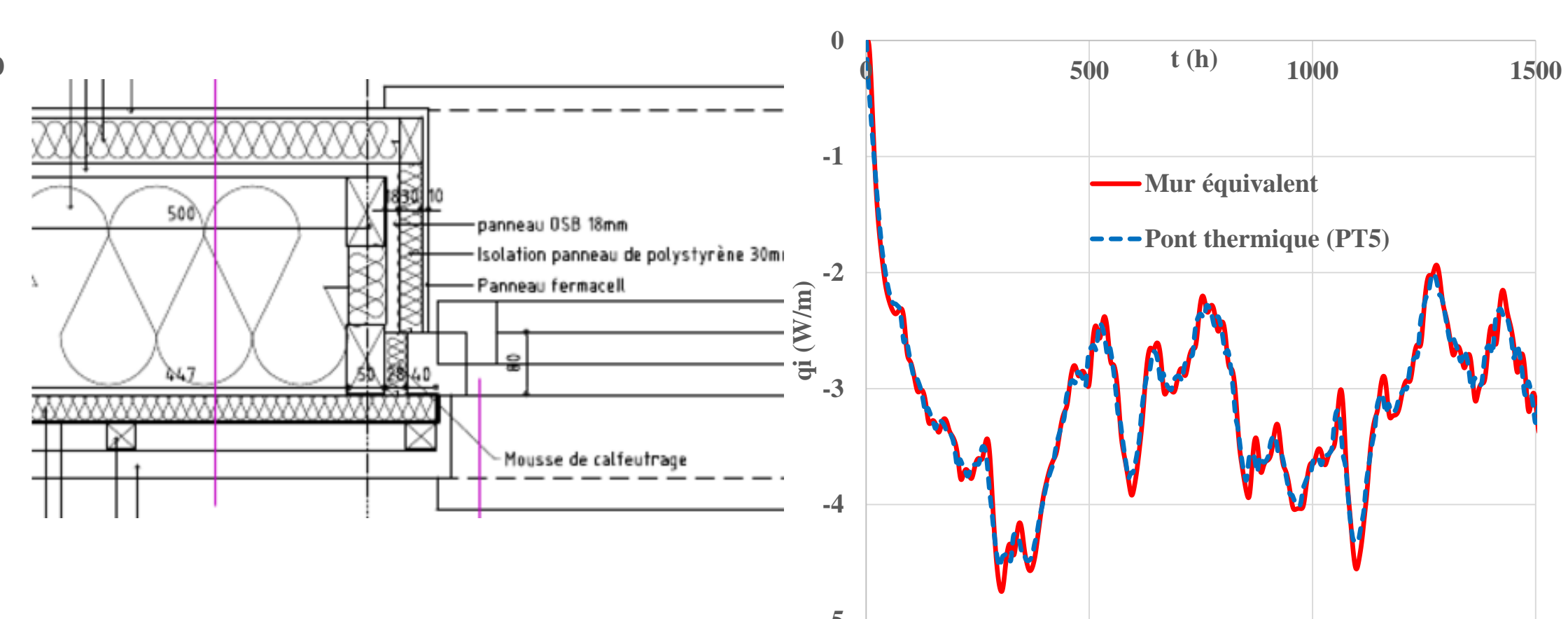
PT1 : Mur extérieur – plancher intérieur (lourd)  
 $\epsilon$  moyenne : 0.025 W/m -  $\epsilon$  intégrale : 0.002%



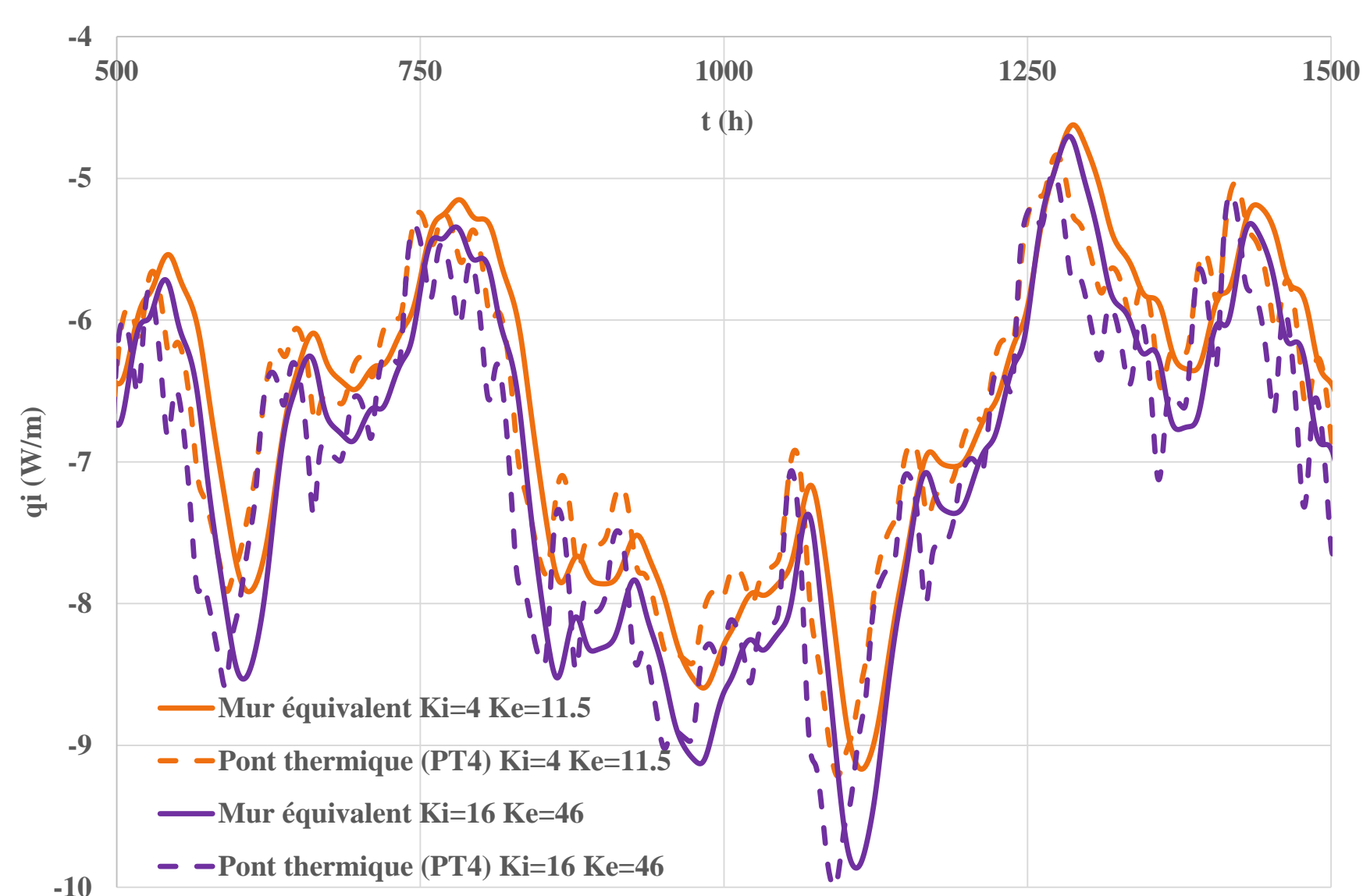
PT4 : Mur extérieur – mur de refend (lourd)  
 $\epsilon$  moyenne : 0.41 W/m -  $\epsilon$  intégrale : 0.012%



PT5 : Mur extérieur – fenêtre (léger)  
 $\epsilon$  moyenne : 0,090 W/m -  $\epsilon$  intégrale : 0,037%



Impact des coefficients de transfert surfacique (PT4)



$K_i = 16, K_e = 46 W/m^2K$   
 $\epsilon$  moy : 0.44 W/m  
 $\epsilon$  intégrale : 0.20%

$K_i = 4, K_e = 11.5 W/m^2K$   
 $\epsilon$  moy : 0.35 W/m  
 $\epsilon$  intégrale : 0.38%

- Résultats OK, + précis que 1D +  $\psi$  (1D +  $\psi$  : prise en compte classique)
  - Quantité d' $E_i$  respectée ( $\epsilon < 0.4\%$ )
  - Différences au niveau des pics ou déphasage
- Valable pour:
  - Autres périodes de l'année
  - Flux solaire
    - $\epsilon$  moy doublée
  - Différents coefficients de transfert surfacique
    - $\epsilon$  moy idem,  $\epsilon$  intégrale ↗
  - Différents climats
  - Possibilité de considérer  $T_i$  sinus
- Perspectives : impact énergétique au niveau d'un bâtiment

Impact du flux solaire ( $\alpha=1$ )

