

# FORMATION BATIMENT DURABLE

## CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE : CONCEPTION

AUTOMNE 2022

### Besoins et exigences pour le dimensionnement d'une installation de chauffage

Julie RENAUX  
éCORCE  
INGENIEUR CONSEIL





- ▶ Expliquer les facteurs à prendre en compte lors du dimensionnement d'une installation de chauffage
- ▶ Mettre en évidence les points importants de la conception de l'installation



# DÉFINITION DES BESOINS ET DES EXIGENCES POUR LE DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE

MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

CALCUL DE DÉPERDITIONS

IMPORTANCE DE LA RELANCE



- ▶ Déterminer la puissance de l'installation
- ▶ Déterminer la puissance des émetteurs
- ▶ Définir le type de système
  - Utilisation finale
  - Coût
  - Flexibilité
- ▶ Définir un principe de régulation
  - Utilisateur final
  - Inertie
  - Relance
  - Zonage



- ▶ PEB travaux
  - CEP influencé par le choix du système, régulation, etc.
- ▶ PEB chauffage
  - Réception PEB
- ▶ Ecodesign
  - Choix du produit
- ▶ Normes à respecter
  - Déperditions
  - Emetteurs



DÉFINITION DES BESOINS ET DES EXIGENCES POUR LE  
DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE

## **MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT**

CALCUL DE DÉPERDITIONS (NBN EN 12831-1 ANB:2020)

IMPORTANCE DE LA RELANCE



## 7 MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

### Bâtiment existant

- ▶ Puissance au  $m^2$  (ou au  $m^3$ )
  - Ordres de grandeur :
    - Bâtiment existant (avant PEB) = 120 à 180  $W/m^2$
    - Bâtiment PEB 2008 = 60 à 80  $W/m^2$
    - Bâtiment TBE – PEB 2015 = 20 à 40  $W/m^2$
    - Bâtiment Passif = 10 à 30  $W/m^2$
- ▶ Définition des heures de fonctionnement (monotone de chaleur)
- ▶ Consommation/Puissance  $\approx 1.500$  h à plein régime
- ▶ **Calcul des déperditions de chaleur**
- ▶ Simulation dynamique (basée sur l'ASHRAE)



## 8 MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

**Bâtiment existant**

## ▶ Selon la NIT 235 (CSTC)

- Immeubles résidentiels existants, si données disponibles insuffisantes ou pas assez fiables pour un calcul détaillé
- Calcul de la puissance de chauffage de la chaudière:

$$\Phi = [(U_{m,T} \cdot A_T) + (0,34 \cdot 0,75 \cdot V)] \cdot (20 - \theta_{eb}) \text{ [W]}$$

dans laquelle

$U_{m,T}$  = le coefficient moyen de transmission thermique du bâtiment (ancienne valeur  $k_s$ ) calculé selon la norme NBN B 62-301 [W/m<sup>2</sup>K]

$A_T$  = la surface totale de déperditions des parois extérieures de l'enveloppe du bâtiment [m<sup>2</sup>]

$V$  = le volume protégé du bâtiment [m<sup>3</sup>]

$\theta_{eb}$  = la température extérieure de référence [°C] de la région où est implanté le bâtiment (par exemple, -10 °C).

Données  
disponibles via la  
PEB

Via  
NBN EN 12831-1  
ANB:2020

Source : CSTC NIT 235



## 9 MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

### Bâtiment existant



► Selon la NIT 235 (CSTC)

- Calcul **approximatif** de la charge thermique → Méthode limitée:
  - Pas de prise en compte de  $t^\circ$  ambiantes différentes (tout considéré à  $20^\circ\text{C}$ )
  - Pas de prise en compte de  $t^\circ$  extérieures différentes en fonction de l'environnement (EANC, sol, bâtiment voisin...)
  - Débit de ventilation forfaitaire approximatif
  - Récupération de chaleur de la ventilation non prise en compte
  - Pertes par infiltration non prises en compte
  - Déperditions via mitoyen non prises en compte
  - Pas de prise en compte d'une surpuissance de relance
  - ....etc.

⇒ **A utiliser avec précaution en étant conscient des limites de la méthode**

⇒ **Recommandé d'utiliser comme référence la méthode de calcul exact selon NBN EN 12831-1 ANB:2020**



## Bâtiment neuf

- ▶ Calcul des déperditions de chaleur
  - Avant juin 2015 : NBN B 62-003
  - En juin 2015 : NBN EN 12831 (2003) + annexe nationale
  - Depuis 2020: NBN EN 12831-1:2017  
+ **annexe nationale NBN EN 12831-1 ANB:2020**
- ▶ Principales modifications
  - Calcul plus détaillé des déperditions par transmission à travers le sol
  - Calcul plus détaillé des déperditions par ventilation et la prise en compte de l'étanchéité à l'air des bâtiments
  - Calcul systématique de la surpuissance de relance
- ▶ Simulation dynamique (basée sur l'ASHRAE)



DÉFINITION DES BESOINS ET DES EXIGENCES POUR LE  
DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE

MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

**CALCUL DE DÉPÉRDITIONS (NBN EN 12831-1 ANB:2020)**

IMPORTANCE DE LA RELANCE



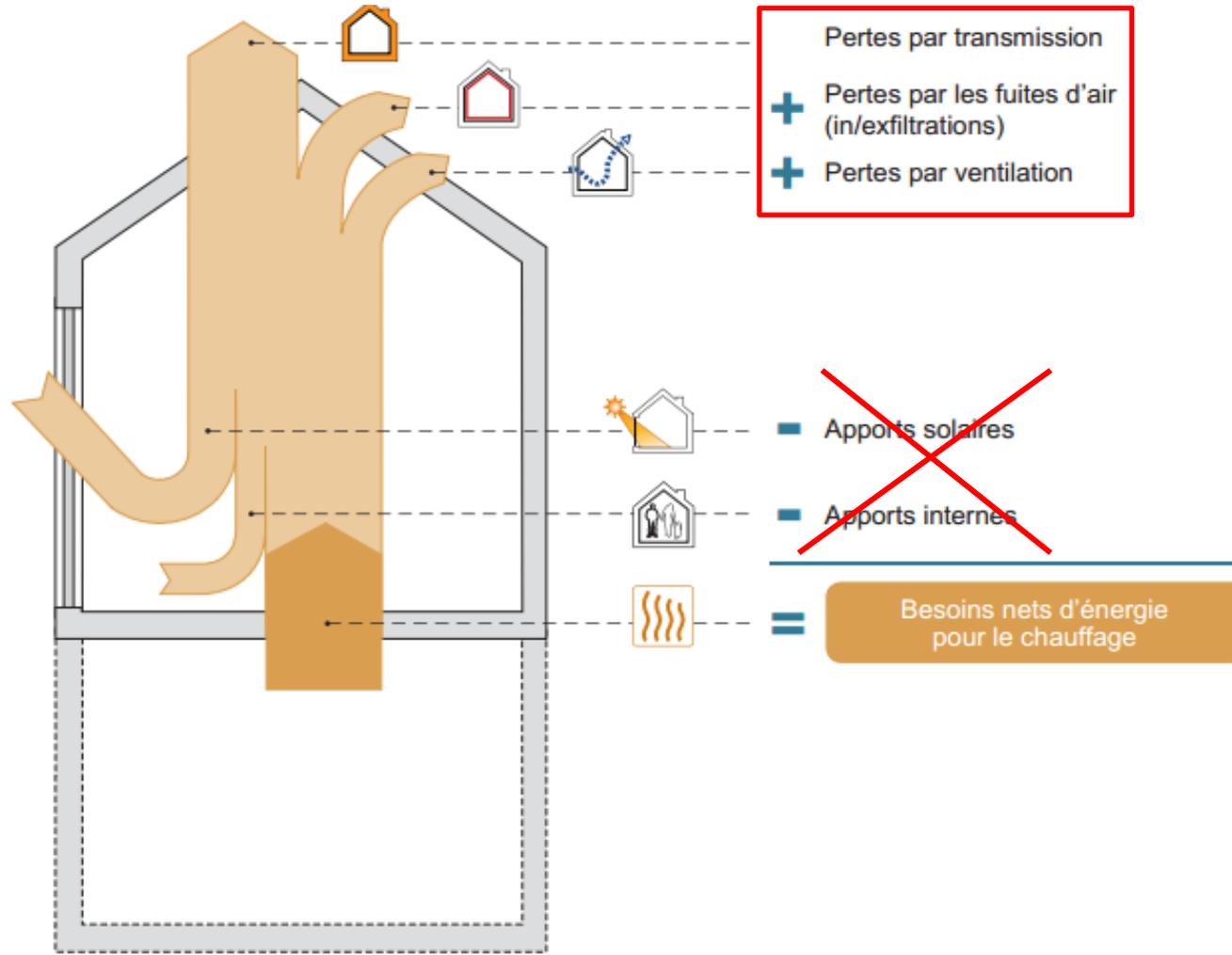
## Procédure

Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



## 13 NBN EN 12831-1 ANB:2020 - INTRODUCTION

## Besoins nets d'énergie pour le chauffage





## Données de base

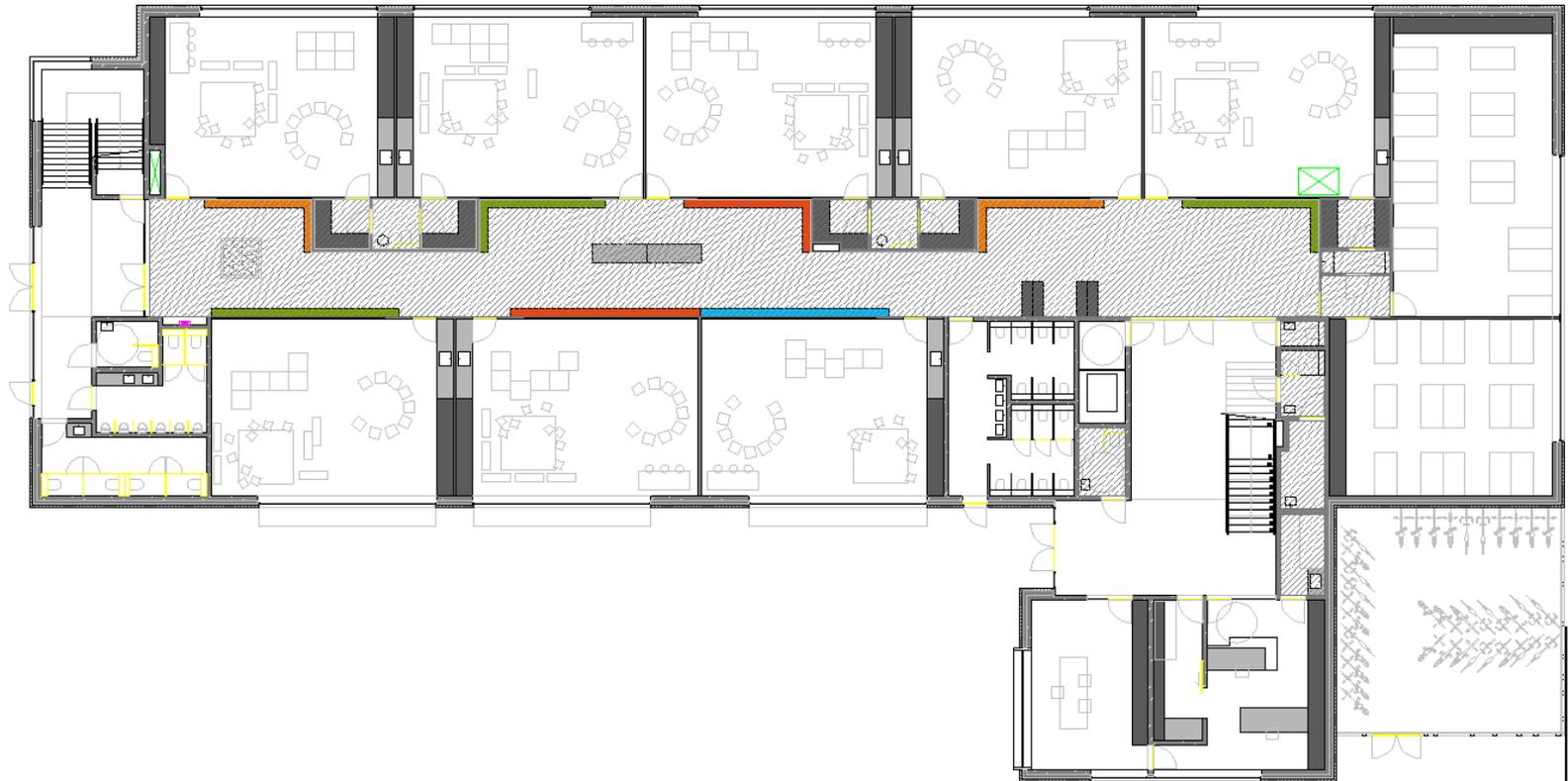
- ▶ Type de bâtiment :
  - Ecole 4 façades, R + 1
  - RDC au niveau du sol (pas de cave)
  - Toiture plate
  - Conforme PEB Flandre 2015
- ▶ Situation :
  - Zone climatique avec  $\theta_e = - 7^{\circ}\text{C}$
  - Moyenne annuelle de la température extérieure :  $\theta_{m,e} = + 10^{\circ}\text{C}$
  - $\theta_{\min} = 0^{\circ}\text{C}$
- ▶ Chaudière gaz condensation prévue
- ▶ Chauffage par radiateurs
- ▶ Système de ventilation type C
- ▶ Etanchéité visée :  $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$





## Identification de l'espace

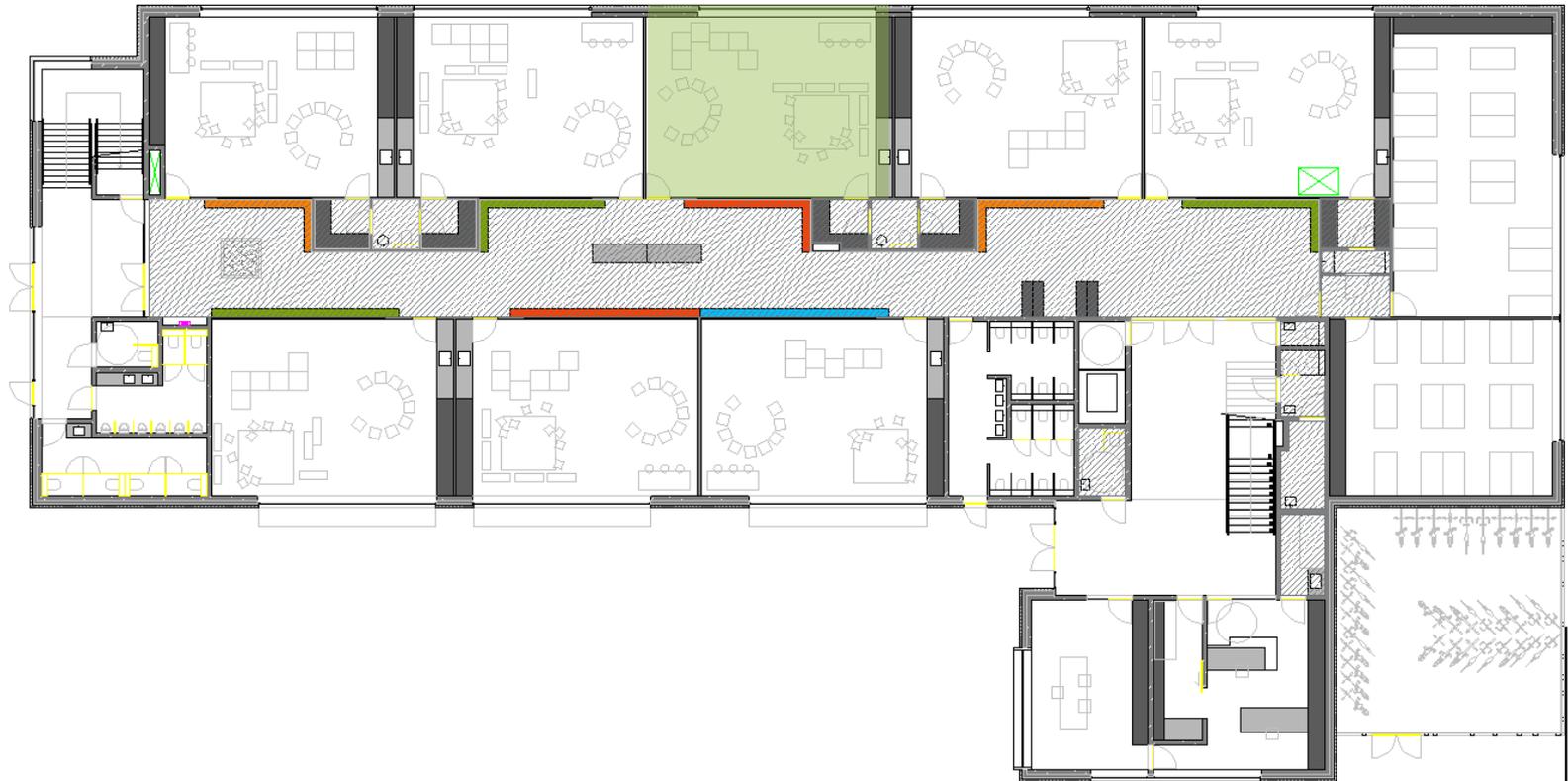
- Plan bâtiment étudié (RDC) :





## Identification de l'espace

- ▶ Classe étudiée (RDC) :



Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



## Déterminations des données de base

- ▶ Température extérieure de base  $\Theta_e$
- ▶ Température extérieure minimale moyenne du mois le plus froid  $\Theta_{\min}$
- ▶ Moyenne annuelle de la température extérieure  $\Theta_{m,e}$

⇒ Données par l'annexe belge (tableaux)

Code postal	Commune	$\theta_e$ °C	$\theta_{\min}$ °C	$\theta_{e,m}$ °C
7940	Brugelette	-7	0	10
8000	Brugge (sauf Zeebrugge)	-7	0	10
7620	Brunehaut	-7	0	10
1000	Bruxelles / Brussel	-7	0	10
9255	Buggenhout	-7	0	10
4760	Büllingen	-11	-3	7
4210	Burdinne	-8	-1	10
4790	Burg-Reuland	-10	-3	8
4750	Bütgenbach	-11	-3	7
7760	Celles	-7	0	10
5630	Cerfontaine	-9	-2	9
7160	Chapelle-lez-Herlaimont	-8	-1	10
6000	Charleroi	-8	-1	10
1450	Chastre	-8	-1	10
6200	Châtelet	-8	-1	10



Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



## Identification des espaces dans le bâtiment

- ▶ Délimiter le volume protégé (VP) du bâtiment
- ▶ Spécifier le statut de chaque espace (chauffé ou non) dans et hors VP
- ▶ Calculer les surfaces et volume de chaque pièce
- ▶ Déterminer la température intérieure de base pour chaque espace

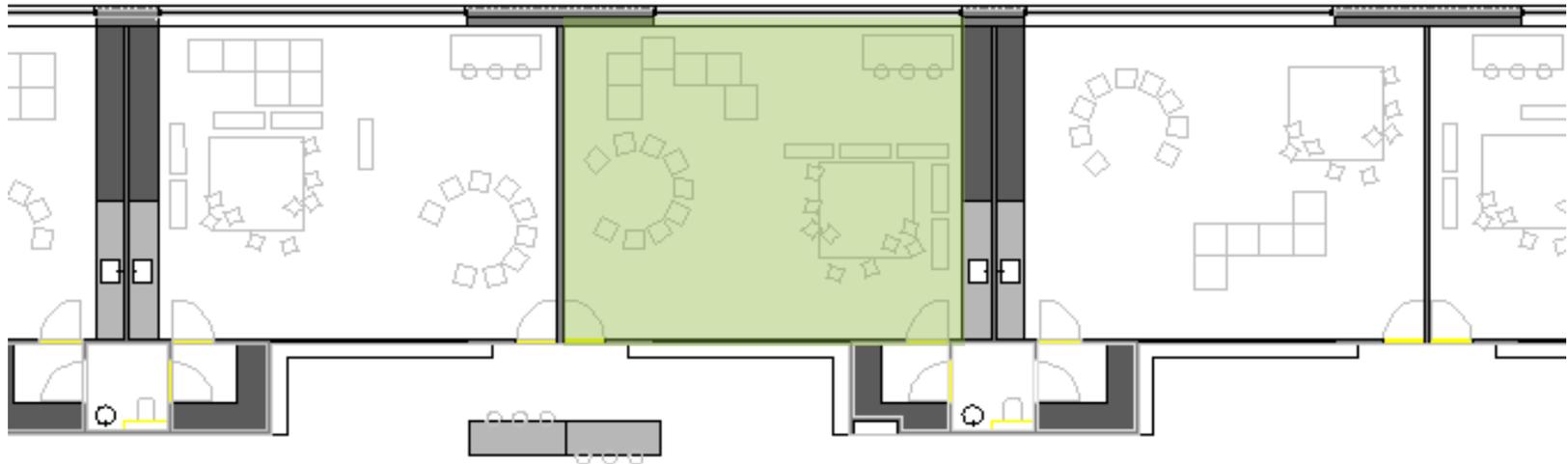
⇒ **Données par l'annexe belge (tableau)**

Type de pièce ou d'espace	$\Theta_{int,i}$ [°C]
Chambre	18
Salon, cuisine, bureau, etc.	20
SDB	24
Salle de gym	16
Hall, cage d'escalier, WC, ...	16
Pièces hors gel	5
Espace dont la destination n'est pas déterminée	18
Etc.	...





## Identification des espaces dans le bâtiment



### Espaces chauffés

	Nom de l'espace	Température int. de base $\theta_{int,i}$ °C	Aire nette de plancher $A_i$ m <sup>2</sup>	Volume intérieur $V_i$ m <sup>3</sup>	Temps de préchauffag h	Type d'espace	Système d'émission de chaleur
1	Classe	20	66,0	191,4		NR	RH Radiateurs
2							
3							



Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$

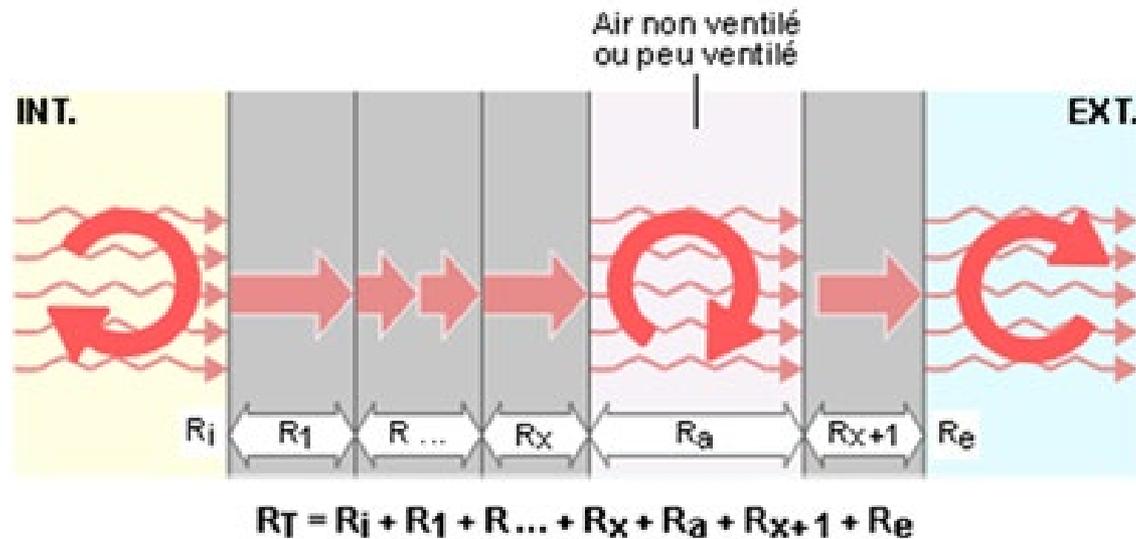


## Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace

- ▶ Surface de chaque paroi
- ▶ U des parois et ponts thermiques éventuels
- ▶ Selon normes européennes EN ISO 6946, 10077-1, 10077-2 et 673

⇒ **U paroi opaque = 1/ R<sub>T</sub>**

$$R_T = R_{si} + R_1 + (R_2) + (R_{...}) + (R_a) + R_{se}$$



Source : Energie+



## Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace

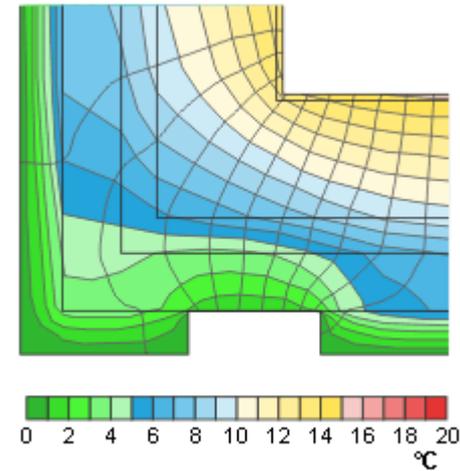
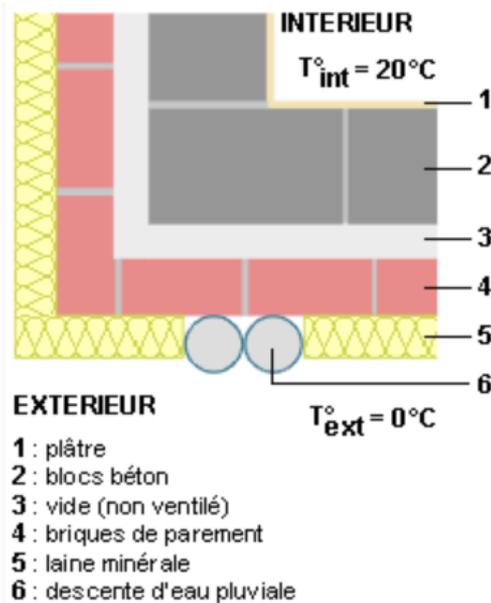
$$\Rightarrow \mathbf{U \text{ fenêtre} = } U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + A_p U_p + A_r U_r + l_g \psi_g + l_p \psi_p}{A_g + A_f + A_p + A_r}$$

- **U<sub>g</sub>** = le coefficient de transmission thermique du vitrage
- **A<sub>g</sub>** = l'aire du vitrage
- **U<sub>f</sub>** = le coefficient de transmission thermique de l'encadrement
- **A<sub>f</sub>** = l'aire de l'encadrement
- **U<sub>p</sub>** = le coefficient de transmission thermique du panneau
- **A<sub>p</sub>** = l'aire du panneau
- **U<sub>r</sub>** = le coefficient de transmission thermique de la grille de ventilation
- **A<sub>r</sub>** = l'aire de la grille de ventilation
- **ψ<sub>g</sub>** = le coefficient de transmission thermique linéique de l'intercalaire autour du vitrage
- **l<sub>g</sub>** = le périmètre visible du vitrage
- **ψ<sub>p</sub>** = le coefficient de transmission thermique linéique autour du panneau
- **l<sub>p</sub>** = le périmètre visible du panneau



## Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace

### ⇒ Ponts thermiques



Source : Energie+



## Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace

### ⇒ Ponts thermiques

Coefficients de transmission thermique supplémentaires de couverture pour les ponts thermiques

→ Valeur **forfaitaire** en fonction du niveau d'isolation global, de l'attention portée aux nœuds constructifs, etc.

Critères de sélection	$\Delta U_{TB}$ W/m <sup>2</sup> .K
Bâtiments neufs à niveau élevé d'isolation thermique et minimalisation attestée des ponts thermiques dépassant les règles de pratique généralement reconnues.	0,02
Bâtiments neufs conformes aux règles de pratique généralement reconnues en matière de minimalisation des ponts thermiques.	0,05
Bâtiments possédant principalement une isolation thermique intérieure interrompue par des plafonds pleins (par exemple du béton armé)	0,15
Tous les autres bâtiments	0,10





## Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace

- ▶ Valeurs U :
  - Plancher sur sol –  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Mur extérieur –  $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Mur intérieur –  $U = 1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Plancher intermédiaire (flux ascendant) –  $U = 2,57 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Plancher intermédiaire (flux descendant) –  $U = 1,89 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Portes intérieures –  $U = 2,34 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Fenêtres –  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
  
- ▶ Ponts thermiques :
  - $\Delta U_{\text{TB}} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$



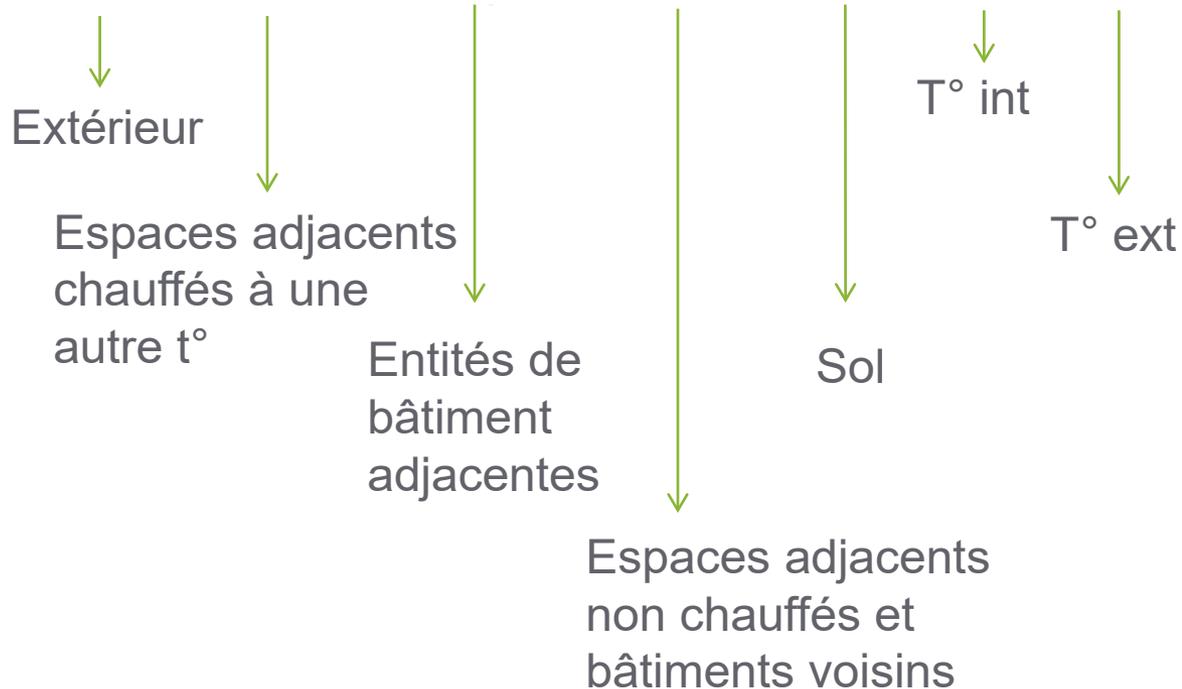
Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

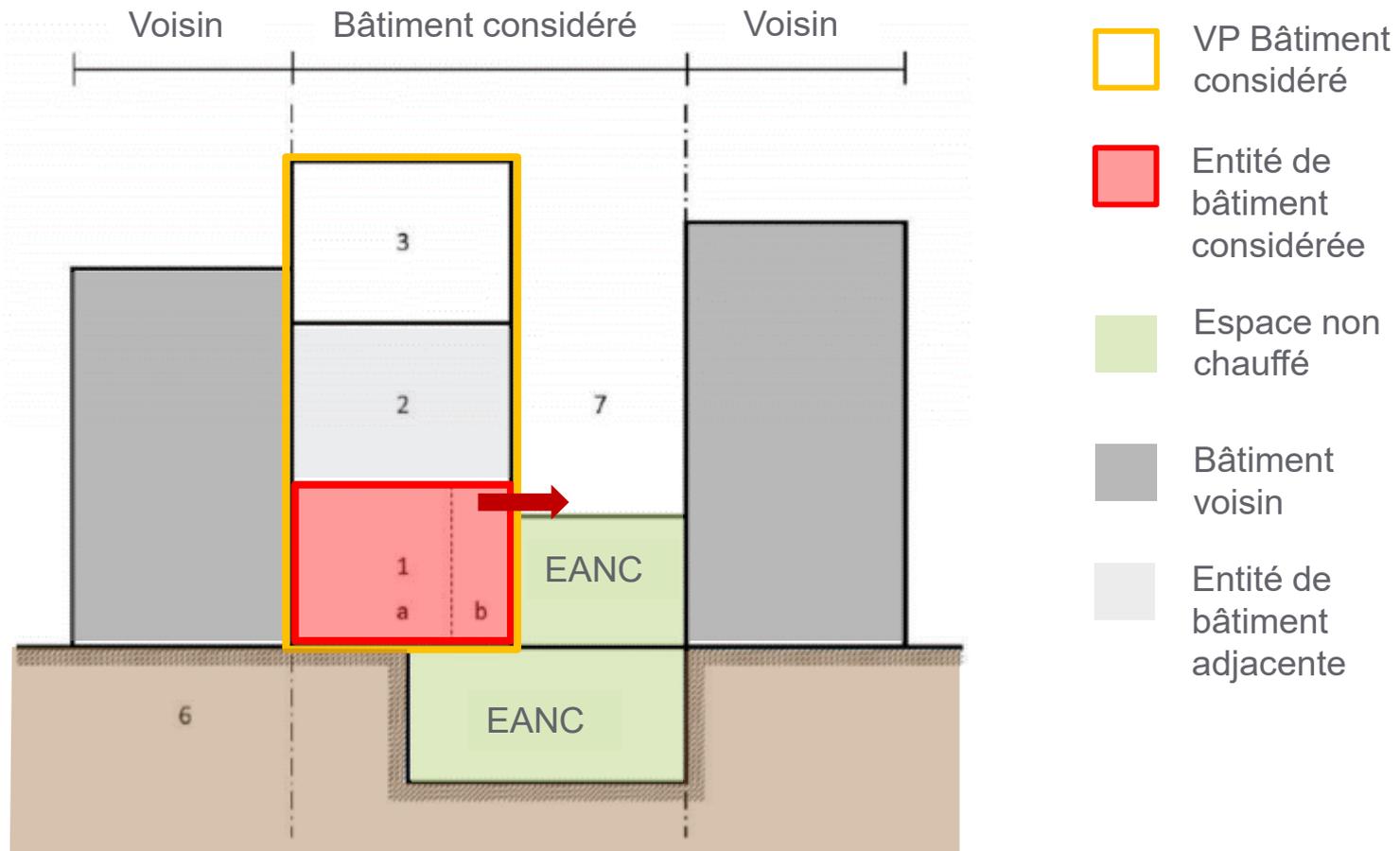
- Perte thermique nominale par transmission d'un espace chauffé

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iaBE} + H_{T,iae} + H_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

### ► Vers l'extérieur



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers l'extérieur

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\mathbf{H}_{T,ie} = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TB}) \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_e)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)} \quad [\text{W/K}]$$

- $A_k$  = aire de l'élément de bâtiment
- $U_k$  = U de l'élément de bâtiment
- $\Delta U_{TB}$  = coefficient de transmission thermique supplémentaire de couverture pour les ponts thermiques
- $\Theta_{int,k}^*$  = température moyenne de la surface intérieure de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{int,i}$  = température intérieure de base de l'espace chauffé considéré
- $\Theta_e$  = température extérieure de base

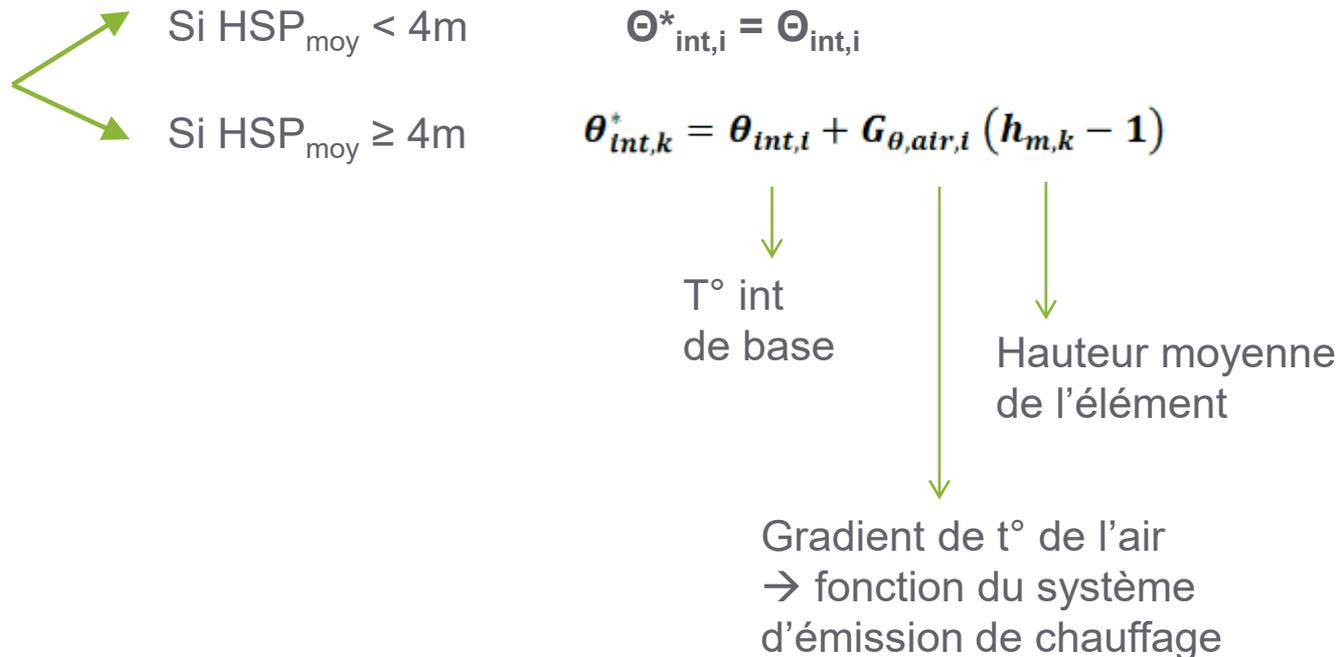


## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

► Vers l'extérieur

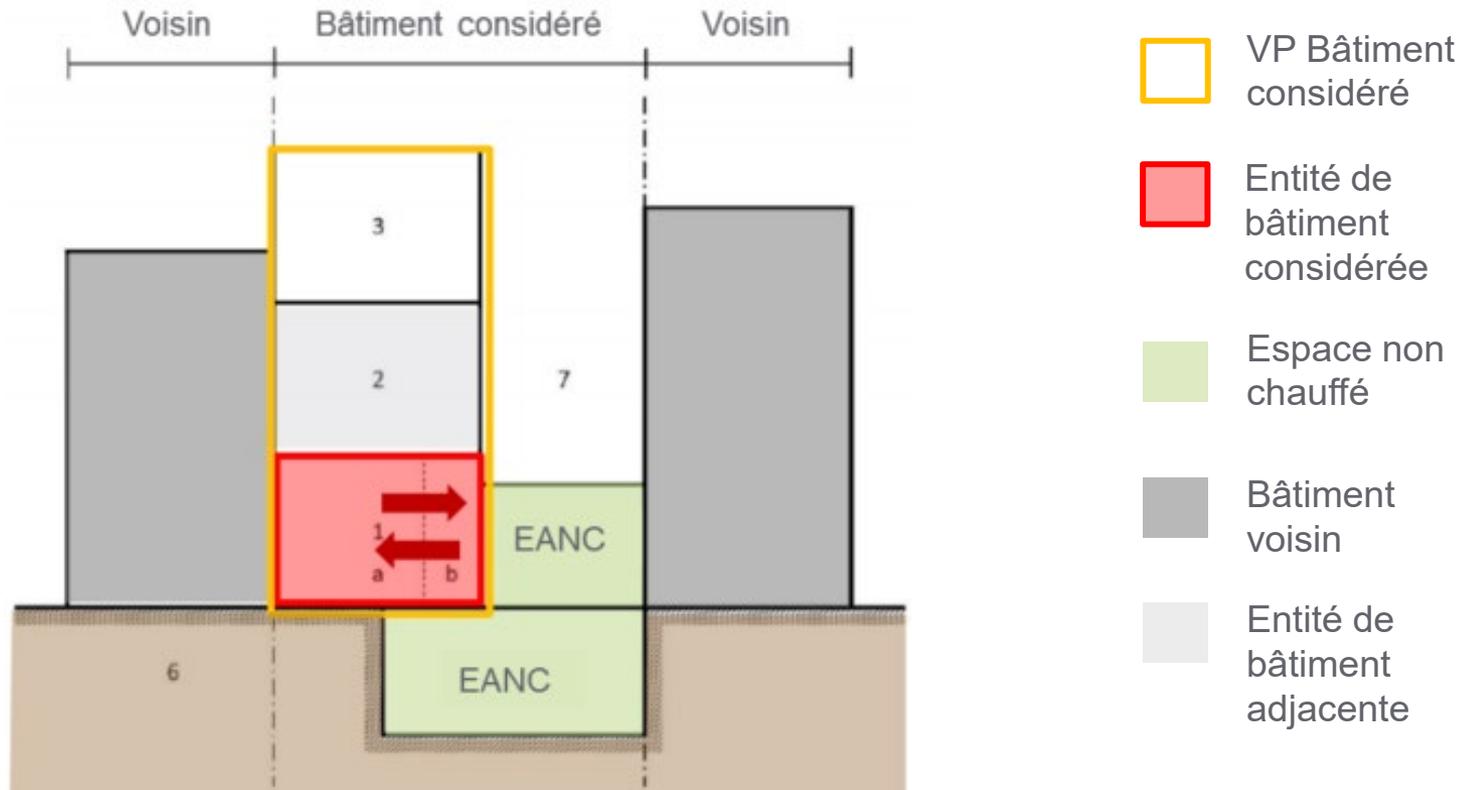
- $\Theta_{int,k}^*$  T° moyenne de la surface intérieure de l'élément de bâtiment

⇒ **Fonction de la stratification due à la hauteur du local et au système d'émission de chauffage**



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- ▶ Vers les espaces adjacents chauffés à une autre  $T^\circ$ 
  - Températures de confort différentes
  - Zonage éventuel



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers les espaces adjacents chauffés à une autre  $T^\circ$

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

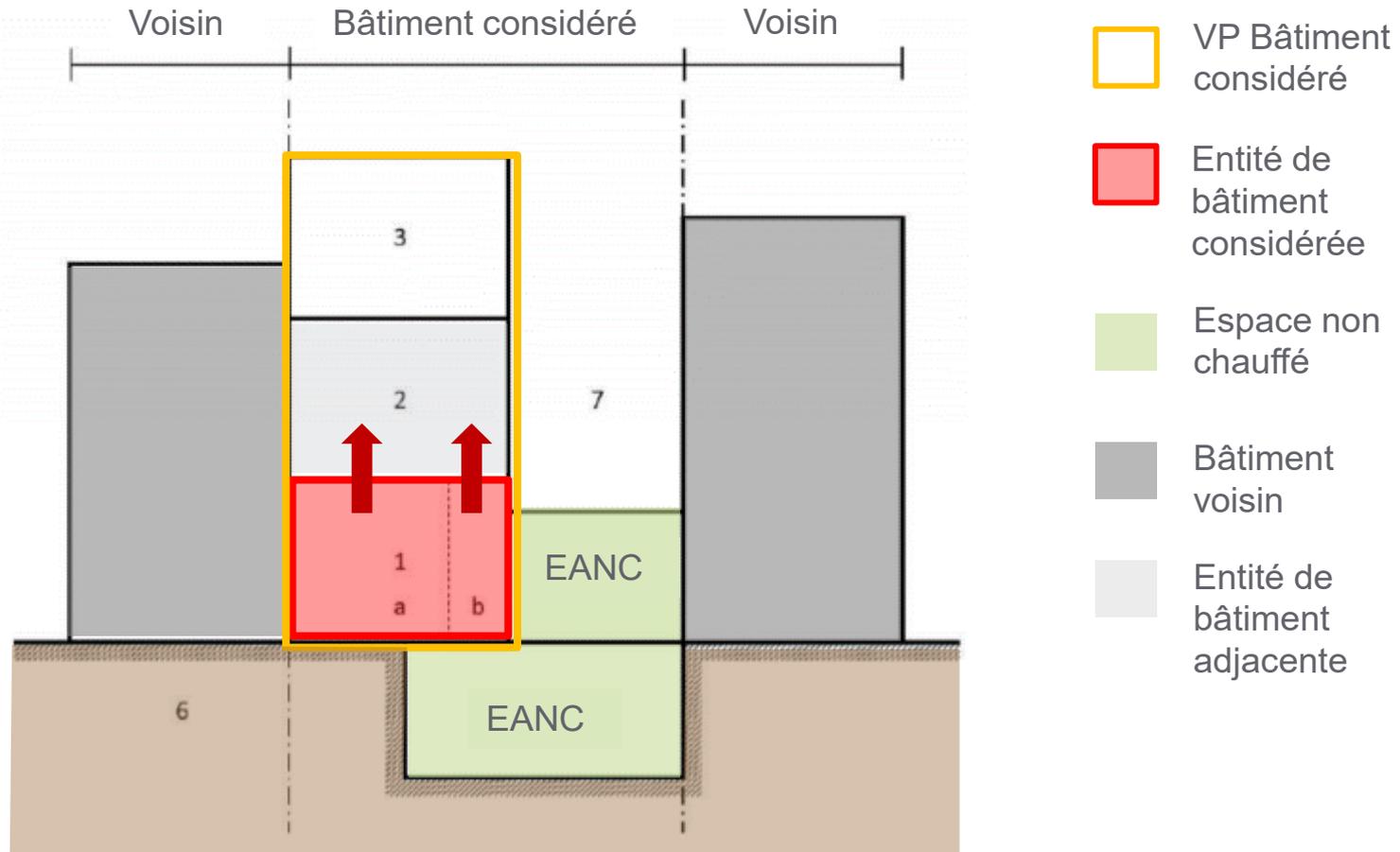
$$\mathbf{H}_{T,ia} = \sum_j \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{int,j})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $A_k$  = aire de l'élément de bâtiment
- $U_k$  = U de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{int,k}^*$  = température moyenne de la surface intérieure de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{int,j}$  = température intérieure de base de l'espace chauffé adjacent
- $\Theta_{int,i}$  = température intérieure de base de l'espace chauffé considéré
- $\Theta_e$  = température extérieure de base



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers une entité de bâtiment adjacente



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers une entité de bâtiment adjacente

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

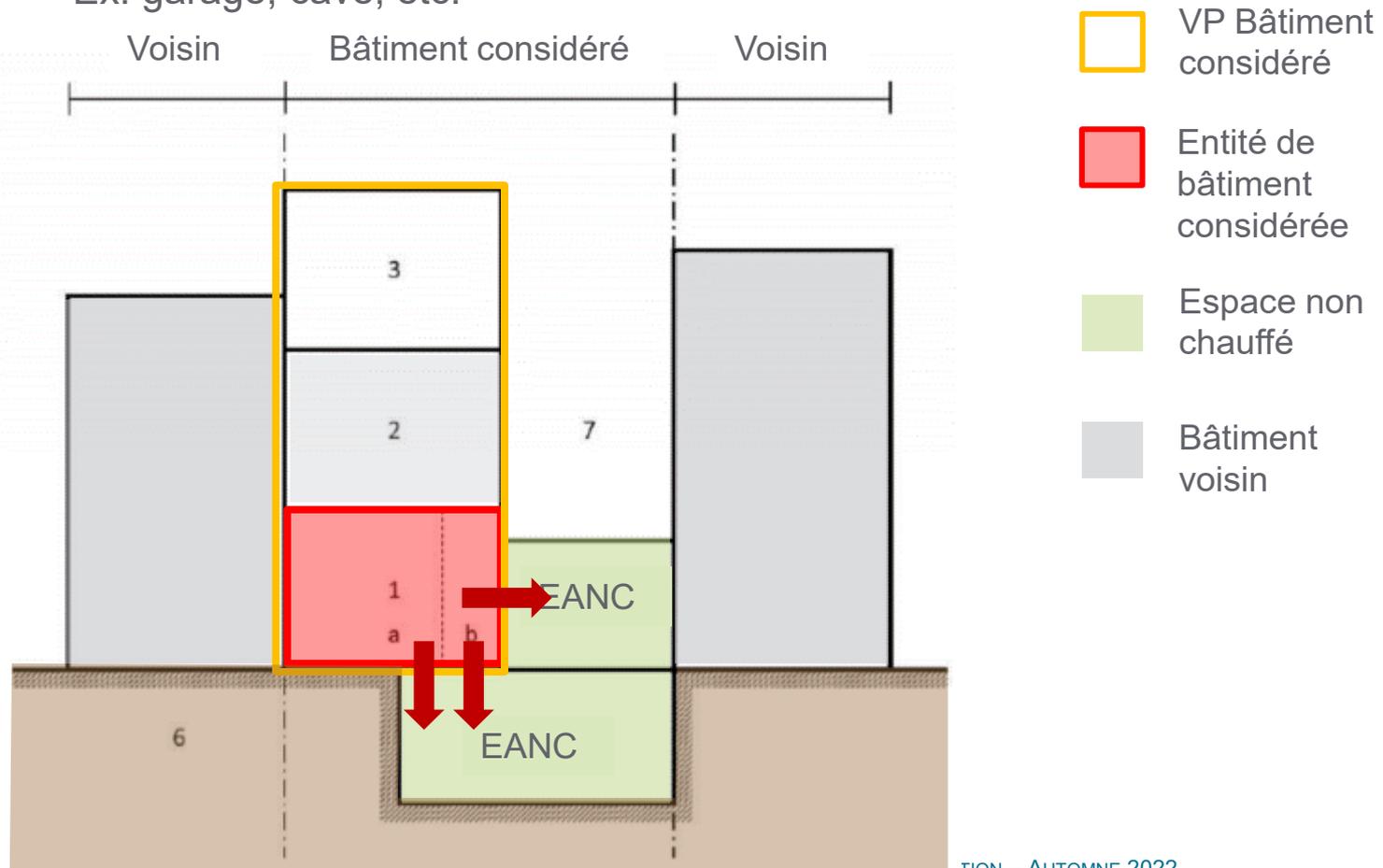
$$\mathbf{H}_{T,iaBE} = \sum_n \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{u,n})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $A_k$  = aire de l'élément de bâtiment
- $U_k$  = U de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{int,k}^*$  = température moyenne de la surface intérieure de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{u,n}$  = température intérieure de l'entité de bâtiment adjacente
- $\Theta_{int,i}$  = température intérieure de base de l'espace chauffé considéré
- $\Theta_e$  = température extérieure de base



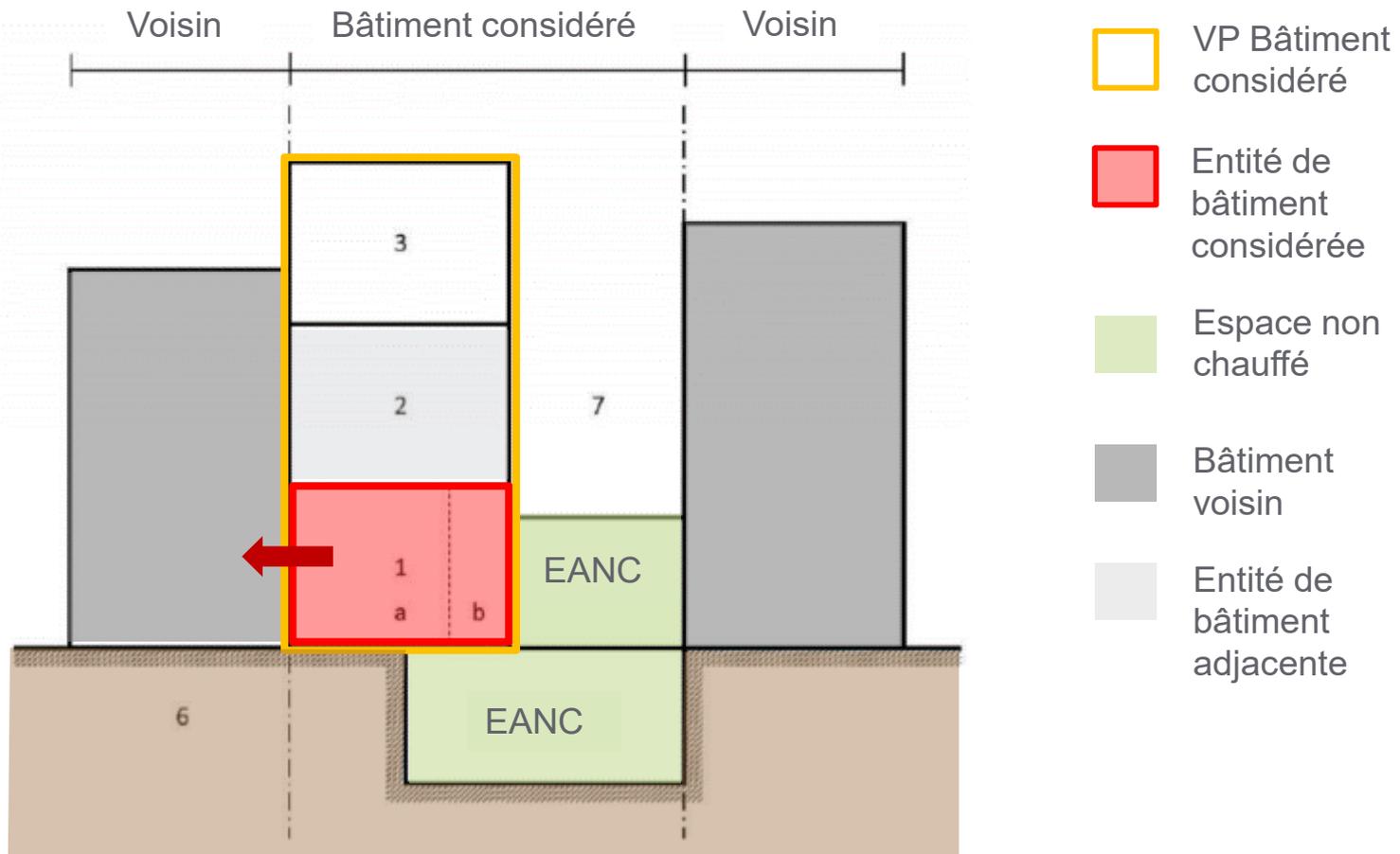
## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers un EANC
  - Ex: garage, cave, etc.



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers un bâtiment voisin



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers un EANC ou un bâtiment voisin

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\mathbf{H}_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $A_k$  = aire de l'élément de bâtiment
- $U_k$  = U de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{int,k}^*$  = température moyenne de la surface intérieure de l'élément de bâtiment
- $\Theta_{ae,p}$  = température intérieure de l'EANC ou du bâtiment voisin
- $\Theta_{int,i}$  = température intérieure de base de l'espace chauffé considéré
- $\Theta_e$  = température extérieure de base



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers un EANC ou un bâtiment voisin

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

Tableau NA.4 - Température intérieure des espaces non chauffés

Espace non chauffé	$\theta_{ae}$ °C
Espace ouvert sur l'extérieur (aire des ouvertures/volume de l'espace > 0,005 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	$\theta_e$
Espace sous toiture avec toiture isolée avec toiture non isolée	$\theta_{min}$ $\theta_e$
Sous-sol (> 70% de l'aire des murs extérieurs en contact avec le sol) sans fenêtre ni porte extérieure avec fenêtres ou portes extérieures	$\theta_{e,m}$ $\theta_{min}$
Vide sanitaire	$\theta_{min}$
Autre espace sans mur extérieur avec seulement 1 mur extérieur avec 2 murs extérieurs et sans porte extérieure avec 2 murs extérieurs et avec au moins 1 porte extérieure avec 3 murs extérieurs ou plus	$\theta_{e,m}$ $\theta_{e,m}$ $\theta_{e,m}$ $\theta_{min}$ $\theta_{min}$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers un EANC ou un bâtiment voisin

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

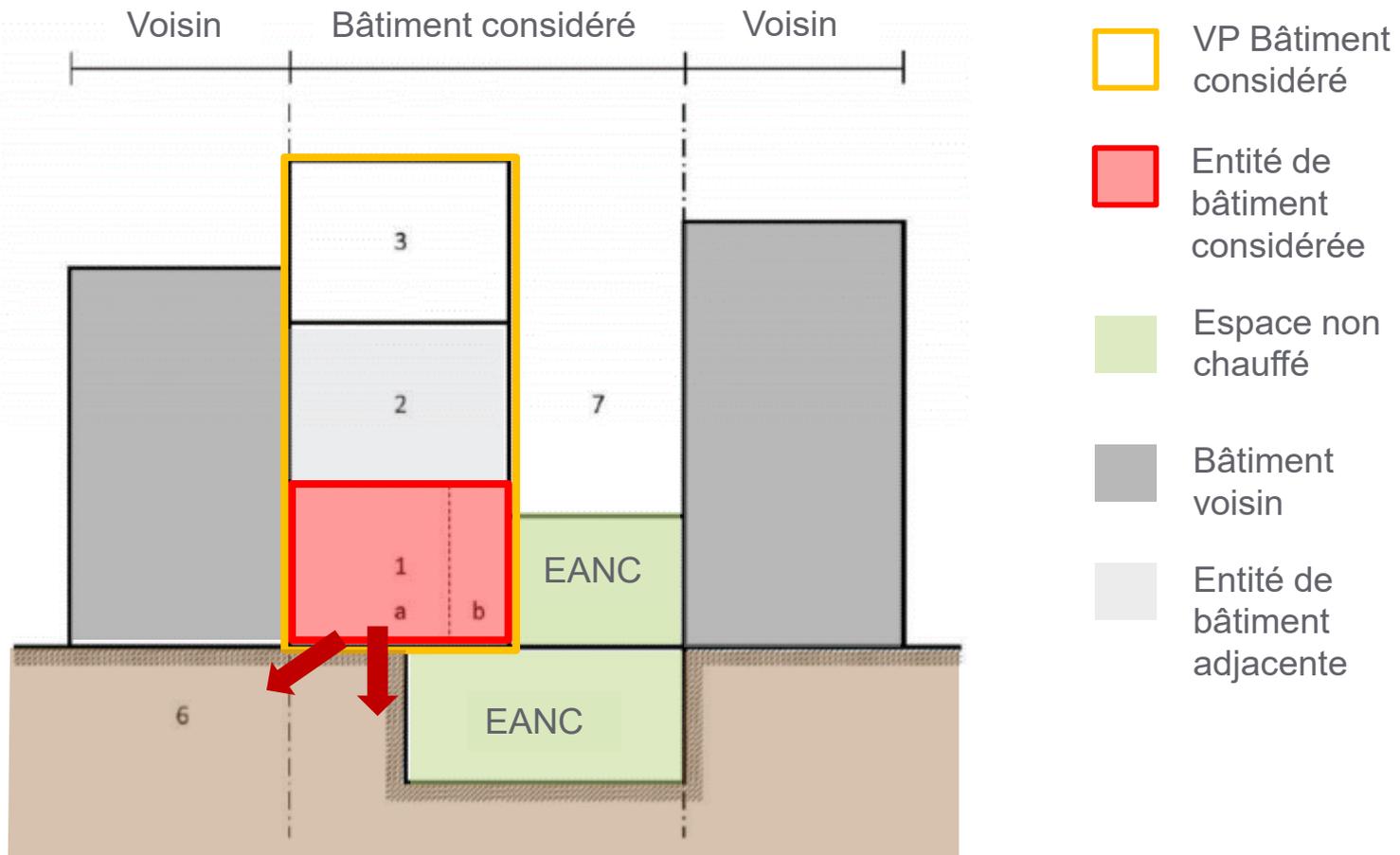
**Tableau NA.5 - Température intérieure des bâtiments voisins**

Bâtiment voisin	$\theta_{ae}$ °C
Habité	$\theta_{e,m}$
Non habité, normalement isolé et pas ou peu aéré	$\theta_{min}$
Non habité, pas isolé ou fortement aéré	$\theta_e$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

### ► Vers le sol



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers le sol

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\mathbf{H}_{T,ig} = \underset{=1,45}{f_{\theta_{ann}}} \underset{=1,15}{f_{GW}} \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{e,m})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $f_{\theta_{ann}}$  = facteur de correction tenant compte de la variation annuelle de la  $t^{\circ}ext.$
- $f_{GW}$  = facteur de correction tenant compte de l'influence de l'eau souterraine
- $A_k$  = aire de l'élément de bâtiment
- $U_k$  = U de l'élément de bâtiment
- $\theta_{int,k}^*$  = température moyenne de la surface intérieure de l'élément de bâtiment
- $\theta_{e,m}$  = température extérieure moyenne annuelle
- $\theta_{int,i}$  = température intérieure de base de l'espace chauffé considéré
- $\theta_e$  = température extérieure de base



## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers le sol



⇒ **Pour un plancher sur vide sanitaire ou sur un sous-sol non chauffé : calcul avec formule d'un EANC !**





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- ▶ Surfaces :
  - Plancher sur sol = 72,6 m<sup>2</sup>
  - Mur extérieur = 32 – 16,7 = 15,3 m<sup>2</sup>
  - Murs intérieurs vers espaces à T° différente = 14 m<sup>2</sup>
  - Portes intérieures = 3,6 m<sup>2</sup>
  - Fenêtres = 16,7 m<sup>2</sup>
- ▶ Ponts thermiques :
  - Concerne: parois déperditives vers l'extérieur





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers l'extérieur

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TB}) \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_e)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $HSP_{moy} < 4m \rightarrow \Theta_{int,i}^* = \Theta_{int,i}$

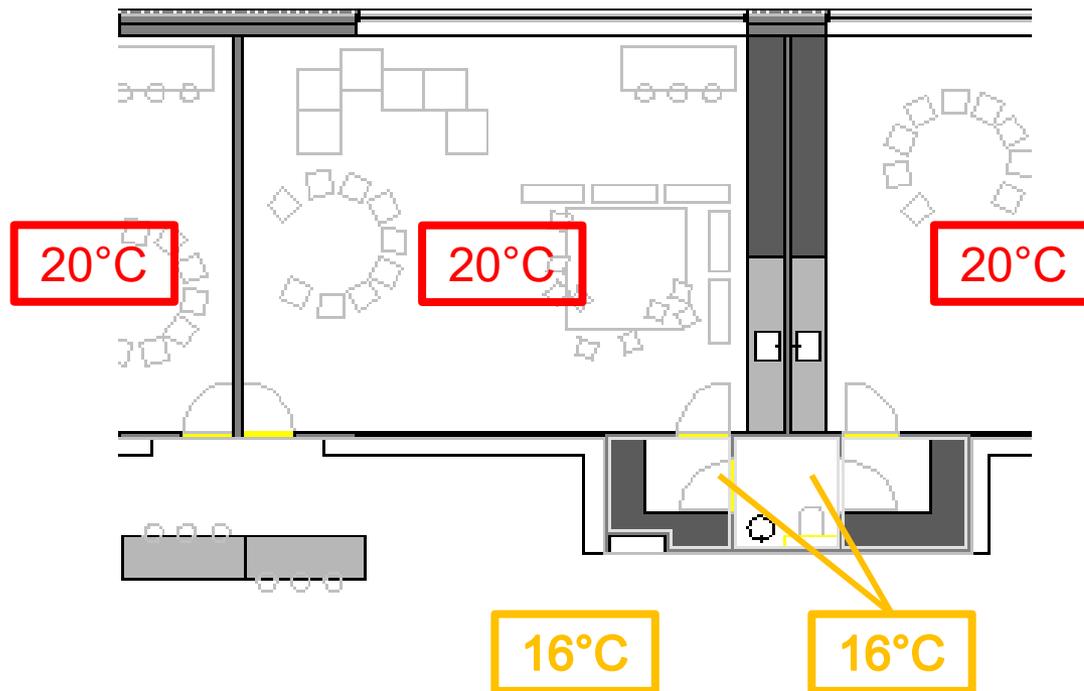
$$H_{T,ie} = \underbrace{[15,3 \cdot (0,23 + 0,05)]}_{\text{Mur extérieur}} + \underbrace{16,7 \cdot (1,3 + 0,05)}_{\text{Fenêtre}} \cdot \underbrace{\left[ \frac{20 - (-7)}{20 - (-7)} \right]}_{=1} = 26,8 \text{ W/K}$$





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers les espaces adjacents chauffés à une autre  $T^\circ$





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers les espaces adjacents chauffés à une autre  $T^\circ$

$$H_{T,ia} = \sum_j \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{int,j})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $H_{T,ia} = [14 * 1,64 + 3,6 * 2,34] \cdot \left[ \frac{20 - (16)}{20 - (-7)} \right] = 4,7 \text{ W/K}$

Mur intérieur + portes





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers une entité de bâtiment adjacente

$$H_{T,iaBE} = \sum_n \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{u,n})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $H_{T,iaBE} = 0$





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers un EANC ou un bâtiment voisin

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $H_{T,iae} = 0$





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Vers le sol

$$H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} f_{GW} \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{e,m})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $H_{T,ig} = 1,45 * 1,15 * \underbrace{[(72,6 * 0,25) * \frac{20 - (10)}{20 - (-7)}}_{\text{Dalle sur sol}}] = 11,2 \text{ W/K}$

Dalle sur sol





## Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$

- Total des déperditions par transmission

$$\Phi_{T,i} = (\underbrace{H_{T,ie}}_{\substack{\downarrow \\ \text{EXT} \\ = 26,8 \text{ W/K}}} + \underbrace{H_{T,ia}}_{\substack{\downarrow \\ \text{Esp. Adj } t^\circ \neq \\ = 4,7 \text{ W/K}}} + \cancel{H_{T,iaBE}} + \cancel{H_{T,iae}} + \underbrace{H_{T,ig}}_{\substack{\downarrow \\ \text{Sol} \\ = 11,2 \text{ W/K}}}) (\underbrace{\theta_{int,i}}_{\substack{\downarrow \\ 20^\circ\text{C}}} - \underbrace{\theta_e}_{\substack{\downarrow \\ -7^\circ\text{C}}})$$

Ent. Bât. Adj. = 0 W/K  
 EANC, bât. voisin = 0 W/K

$$\Rightarrow \Phi_{T,i} = 1\,153 \text{ W}$$



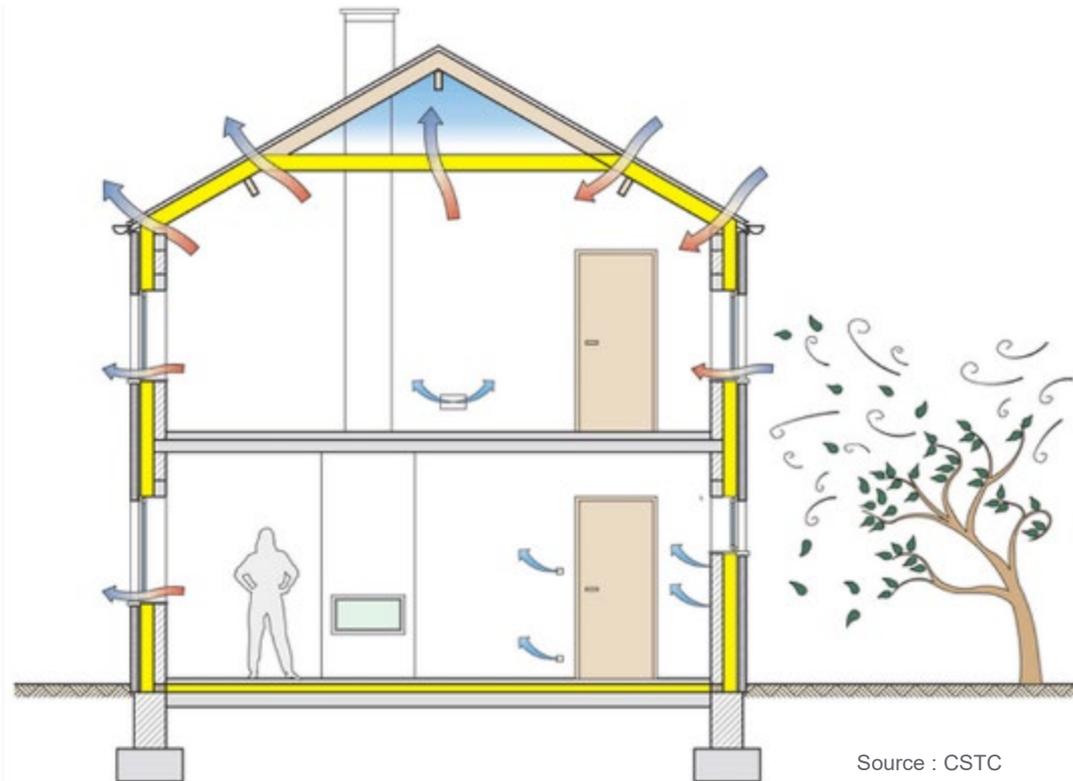
Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

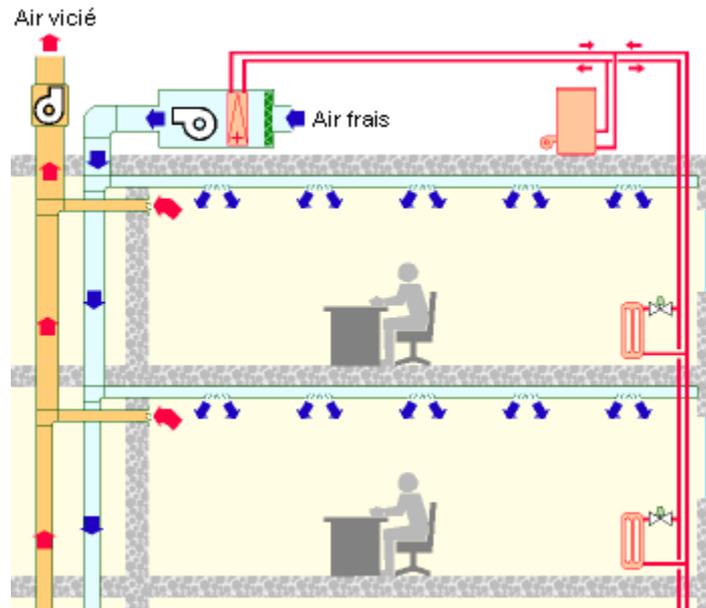
- ▶ Pertes par infiltration

⇒ **Fonction de l'étanchéité à l'air**



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_V$

- Pertes via le système de ventilation



Source : Energie+



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- ▶ Pertes par dépression
  - Lorsque le débit d'extraction du système de ventilation est supérieur au débit de pulsion



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- ▶ Formule générale:

$$\Rightarrow \Phi_{v,i} [\text{W}] = C \cdot Q [\text{m}^3/\text{h}] \cdot \Delta T$$

- C = chaleur massique de l'air = 0,34 W/m<sup>3</sup>K
- Q = Débit d'air [m<sup>3</sup>/h]
- $\Delta T$  = Différence de température  
(p.ex. entre la t° ambiante du local et la t° de l'air pulsé)



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \left[ \sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r}) + \sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + \sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*) + q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \right] + 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[ 0 ; q_{v,min,i} - \left( \sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$

- $Q_{v,sup,i,r}$  = débit via amenées d'air mécaniques (via OAM)
- $Q_{v,ATD,i,s}$  = débit via amenées d'air naturelles (OAR = grilles, aérateurs, etc.)
- $Q_{v,transfer,i,j}$  = air transféré d'un local vers un autre
- $Q_{v,leak,i}$  = fuites d'air provenant des infiltrations
- $Q_{v,inf-add,i}$  = air provenant d'un déséquilibre lorsque  $Q_{pulsion} < Q_{extraction}$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- ▶ Formule spécifique de la norme:
  - Ventilation mécanique – air pulsé via OAM

$$\sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r})$$

→ T° de l'air fourni par les bouches de ventilation

T° moyenne de l'air intérieur dans l'espace chauffé considéré:  
 → H < 4m:  $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$   
 → H ≥ 4m:  $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left( \frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$

→ Débit d'air fourni à l'espace chauffé considéré par les bouches de ventilation (OAM)



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_V$

- Formule spécifique de la norme:
  - Ventilation mécanique – air pulsé via OAM

$\Theta^*_{int,i}$  T° moyenne de l'air intérieur


 Si  $HSP_{moy} < 4m$   
 Si  $HSP_{moy} \geq 4m$

$$\Theta^*_{int,i} = \Theta_{int,i}$$

$$\theta^*_{int,i} = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left( \frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$$

T° int  
de base

Hauteur  
moyenne  
sous plafond  
du local

Gradient de t° de l'air  
→ fonction du système  
d'émission de chauffage

≠ entre t°air  
et t°opérative



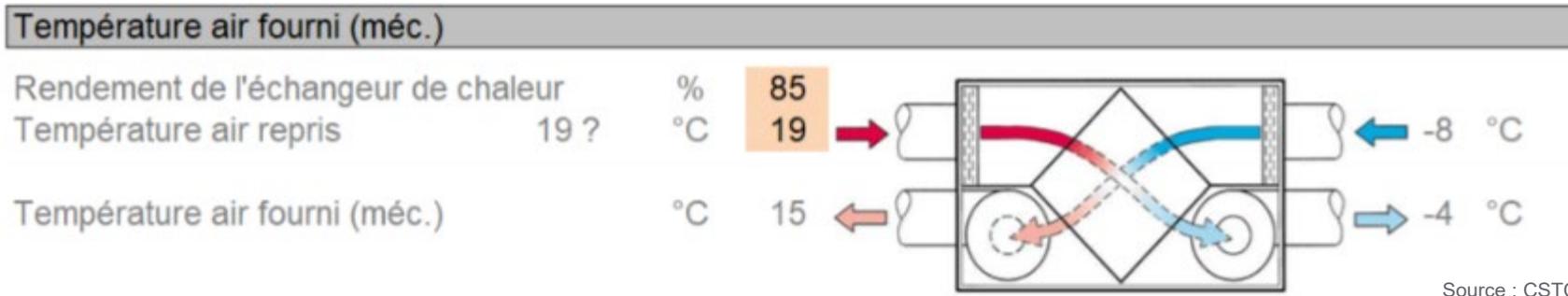
## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:

- Ventilation mécanique – air pulsé via OAM

Température de l'air fourni par les bouches de ventilation

- ⇒ **Si ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur:  
Calcul suivant le rendement de l'échangeur**



- ⇒ **Si pas de récupération de chaleur:  
 $T^\circ$  air pulsé =  $T^\circ$  extérieure**

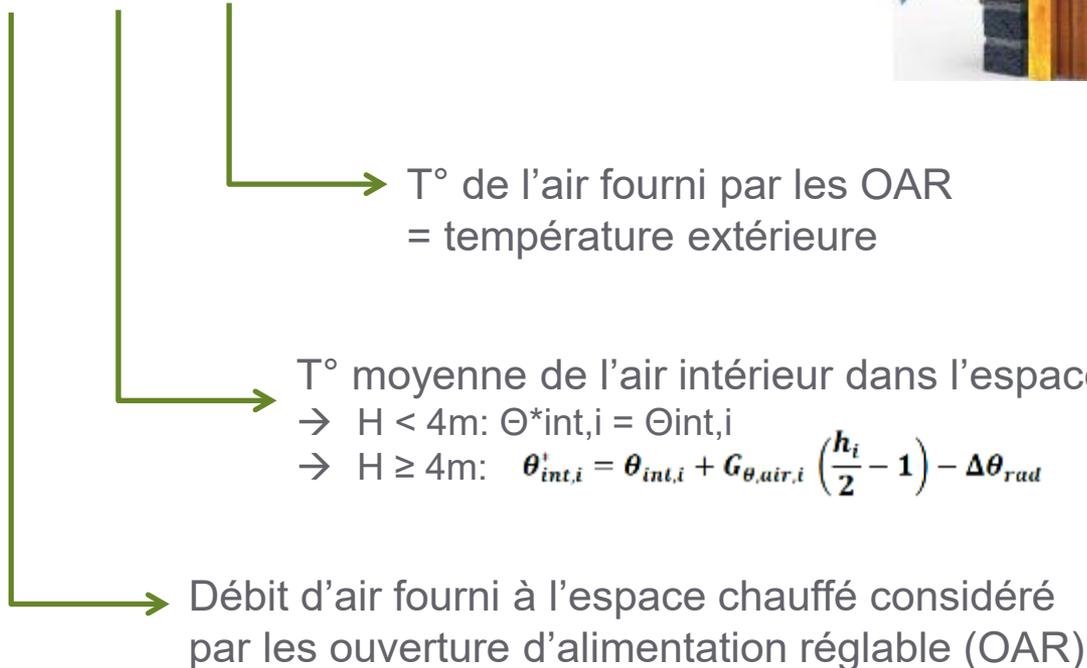
$$\Theta_{\text{rec,r}} = \Theta_e$$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_V$

- ▶ Formule spécifique de la norme:
  - Ventilation naturelle – air pulsé via OAR

$$\sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e)$$



Source : CSTC

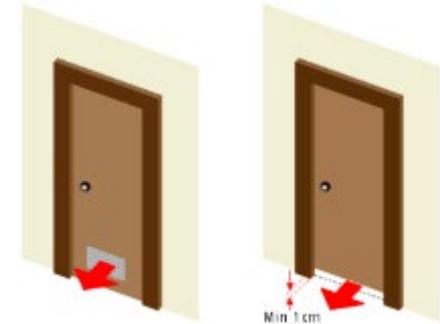


## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:
  - Ventilation - air transféré d'un local vers un autre

$$\sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*)$$

- T° moyenne de l'air intérieur du local depuis lequel l'air transféré provient
- T° moyenne de l'air intérieur dans l'espace chauffé considéré:
  - $H < 4\text{m}$ :  $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$
  - $H \geq 4\text{m}$ :  $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left( \frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$
- Débit d'air fourni à l'espace chauffé considéré par les ouverture d'alimentation réglable (OAR)

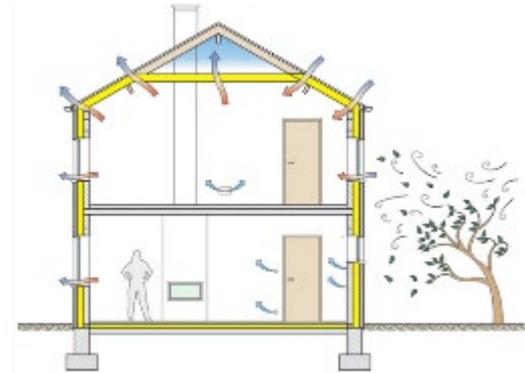


Source : Energie +



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:
  - Fuites d'air provenant des infiltrations



Source : CSTC

$$q_{v,leak,i} (\theta'_{int,i} - \theta_e)$$

→ T° extérieure

T° moyenne de l'air intérieur dans l'espace chauffé considéré:

→  $H < 4\text{m}$ :  $\Theta'_{int,i} = \Theta_{int,i}$

→  $H \geq 4\text{m}$ :  $\theta'_{int,i} = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left( \frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$

→ Débit d'infiltration d'air dans l'espace chauffé considéré



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- ▶ Formule spécifique de la norme:
  - Fuites d'air provenant des infiltrations

Débit d'infiltration d'air dans l'espace chauffé considéré  
Fonction du niveau d'étanchéité à l'air du bâtiment

$$q_{50} = n_{50} \sum V_i$$

$$q_{v,leak,i} = f_{qv} q_{50} \frac{V_i}{\sum V_i}$$

→ =0,1 pour méthode simplifiée suivant ANB

- ⇒  **$n_{50}$  connu:**  
Cf résultat du test Blowerdoor, objectif cahier des charges, PEB, ...
- ⇒  **$n_{50}$  inconnu:** → valeur par défaut  $n_{50} = 6 \text{ h}^{-1}$

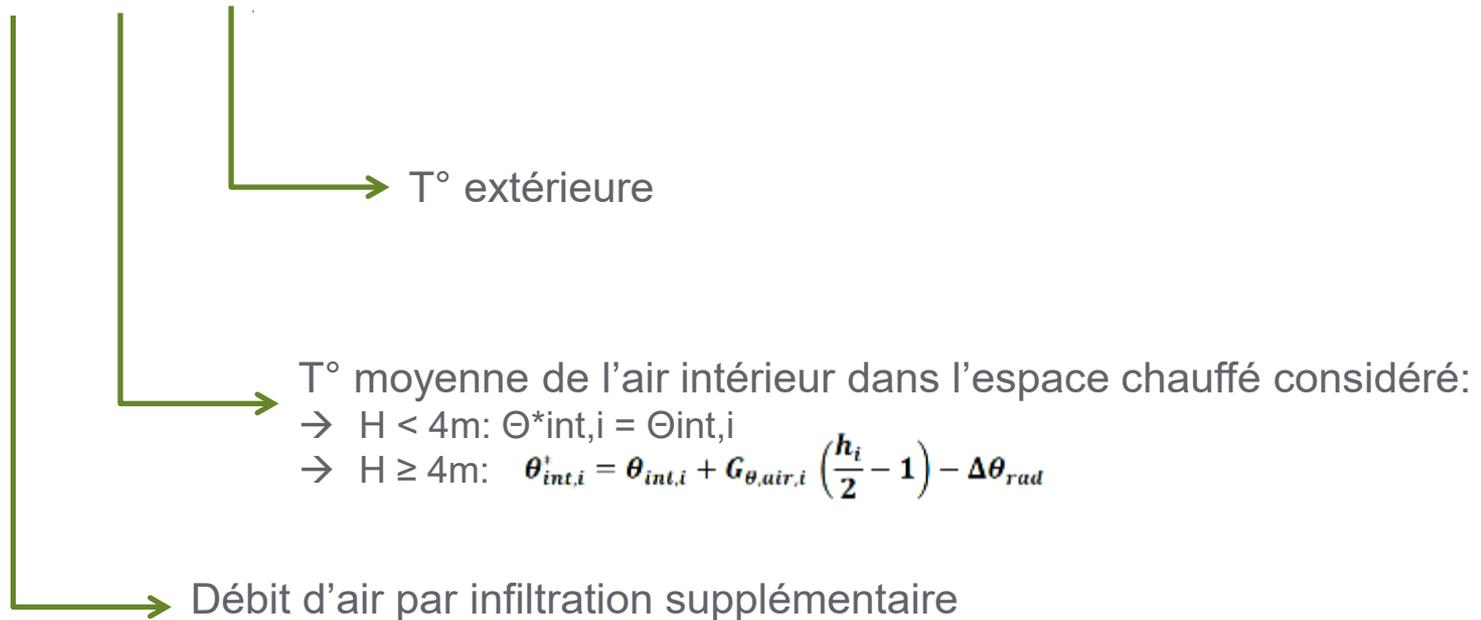


## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:

- Fuites d'air provenant d'infiltrations d'air supplémentaires dues à un déséquilibre lorsque  $Q_{pulsion} < Q_{extraction}$

$$q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e)$$



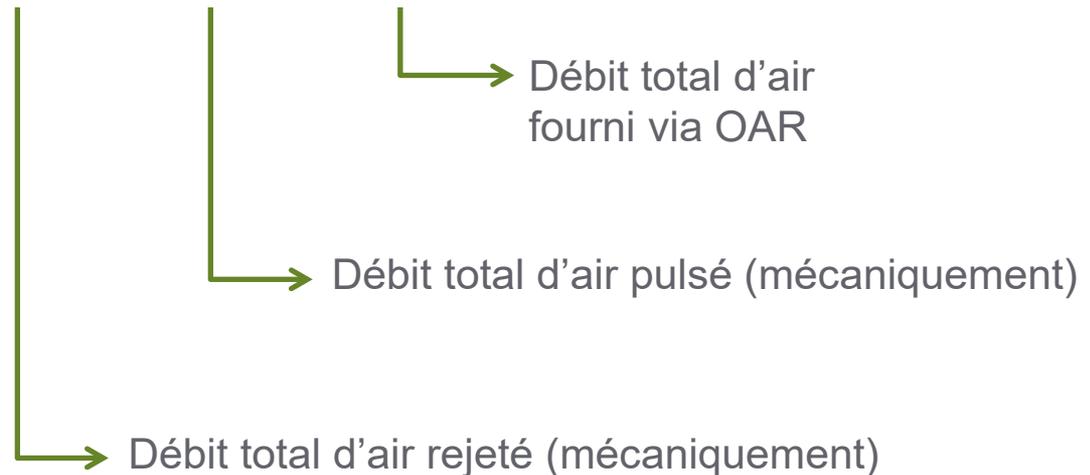
## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:

- Fuites d'air provenant d'infiltrations d'air supplémentaires dues à un déséquilibre lorsque  $Q_{\text{pulsion}} < Q_{\text{extraction}}$

Débit d'air par infiltration supplémentaire

$$q_{v,inf-add,i} = \max \left[ 0 ; 0,5 \left( q_{v,exh,tot} - q_{v,sup,tot} - q_{v,ATD,tot} \right) \frac{V_i}{\sum V_i} \right]$$



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \left[ \sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r}) + \sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + \sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*) + q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \right] + 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot$$

$$\max \left[ 0 ; q_{v,min,i} - \left( \sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$

- ⇒ Terme correctif pour tenir compte d'un débit d'air minimum fixé par l'ANB



## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Formule spécifique de la norme:

$$0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[ 0 ; q_{v,min,i} - \left( \sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$



$$q_{v,min,i} = n_{min,i} V_i$$

Tableau NA.8 - Taux minimal de renouvellement de l'air

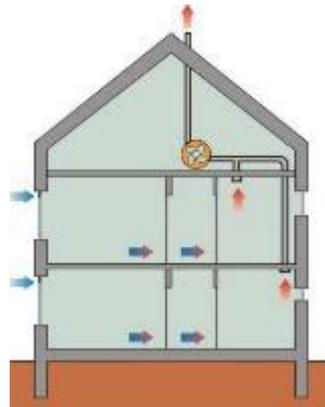
Affectation	$n_{min}$ $h^{-1}$
Bâtiment ou partie de bâtiment résidentiel	0,5
Bâtiment ou partie de bâtiment non résidentiel	0,5





## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_V$

- ▶ Ventilation hygiénique:
  - Via système C
  - Débit de ventilation hygiénique déterminé par le concepteur: 572 m<sup>3</sup>/h
  - Bâtiment en équilibre:  $q_{\text{pulsion}} = q_{\text{extraction}}$



- ▶ Etanchéité à l'air:
  - $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$
  - Volume intérieur du local: 191,4 m<sup>3</sup>





## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- ▶ Ventilation naturelle – air pulsé via OAR
  - via système C
  - Débit de ventilation hygiénique déterminé par le concepteur: 572 m<sup>3</sup>/h

$$\sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) = 572 * (20 - (-7)) = 15\,444$$





## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Fuites d'air provenant des infiltrations

- $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$
- Volume intérieur du local:  $191,4 \text{ m}^3/\text{h}$

$$q_{50} = n_{50} \sum V_i = 2,5 * 191,4 = 478,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,leak,i} = f_{qv} q_{50} \frac{V_i}{\sum V_i} = 0,1 * 478,5 = 47,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) = 47,85 * (20 - (-7)) = 1\,291,95$$





## Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air $\Phi_v$

- Bilan total:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{v,i} = 0,34 \cdot & \\
 & \left[ \sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r}) + \sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + \right. \\
 & \left. \sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*) + q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \right] + \\
 & 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \\
 & \max \left[ 0 ; q_{v,min,i} - \left( \sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right] \\
 \\
 \Phi_{v,i} = 0,34 \cdot & \\
 & \left[ \begin{array}{cccc} 0 & + & 15\,444 & + \\ & & & \\ & 0 & + & 1\,291,95 & + & 0 \end{array} \right] + \\
 & 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \\
 & \max \left[ \begin{array}{cccc} & & & \\ & & 0 & \\ & & & \end{array} \right] = 5\,690,22 \text{ W}
 \end{aligned}$$



Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



**Calcul des déperditions de base totales =  $\Phi_T + \Phi_V$**

$$\Rightarrow \Phi_{\text{totales}} = \Phi_T + \Phi_V$$

**= Pertes par transmission + pertes par ventilation**


$$\Rightarrow \text{Pour l'étude de cas: } \Phi_{\text{totales}} = 1\,153 + 5\,690 = 6\,843 \text{ W}$$



Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶ Les espaces chauffés de façon intermittente nécessitent une surpuissance de relance pour atteindre la température intérieure nominale requise en un temps donné après une période de ralenti.
  
- ▶ Cette puissance dépend des facteurs suivants :
  - le niveau d'isolation du bâtiment
  - le débit d'air d'infiltration pendant la réduction ou l'interruption de chauffage et pendant la période de relance;
  - la capacité calorifique (inertie thermique);
  - la durée de relance présumée;
  - la diminution de température pendant la réduction (interruption) de chauffage et la durée de relance appliquée;
  - les caractéristiques du système de régulation.



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

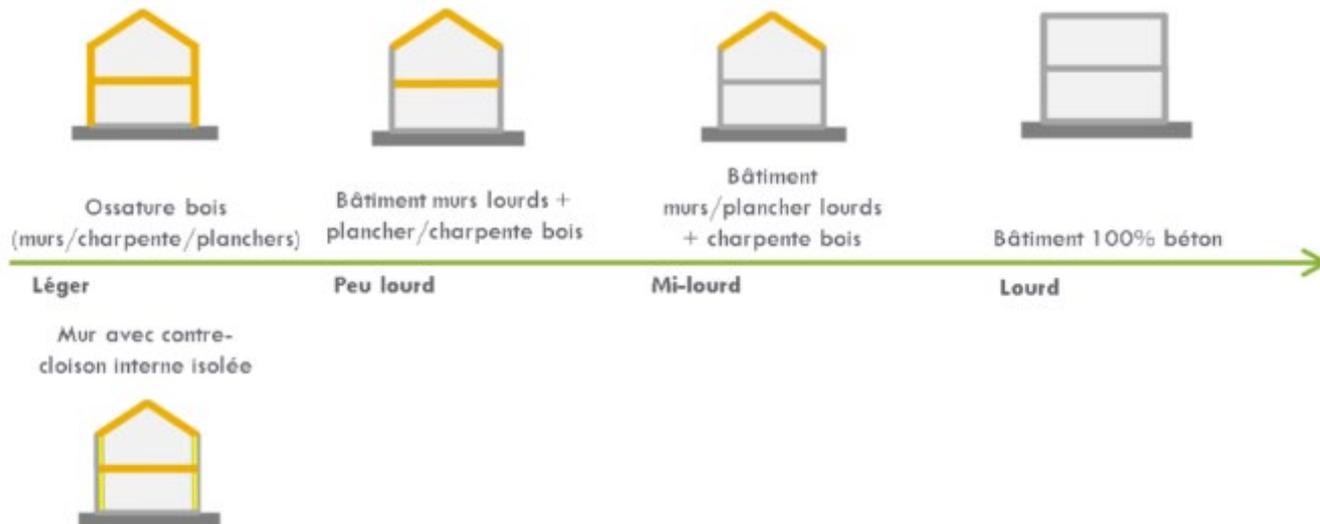
- ▶ Une surpuissance de relance peut ne pas toujours être nécessaire, par exemple si :
  - le système de régulation est capable de supprimer le ralenti lors des jours les plus froids ;
  - les déperditions (pertes par renouvellement d'air) peuvent être diminuées en période de ralenti.
- ▶ La surpuissance de relance doit être convenue avec le client.
- ▶ La surpuissance de relance peut être déterminée de manière détaillée par des méthodes de calcul dynamique.

⇒ **Choix du concepteur et du MO !**



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶  $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i}$  [W]
- ▶ Dépend de l'inertie du bâtiment :
  - Forte inertie = planchers et plafonds en béton et murs en briques ou en béton
  - Inertie moyenne = planchers et plafonds en béton, et murs légers
  - Faible inertie = faux plafonds, planchers surélevés et murs légers



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶  $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$
- ▶ Dépend de l'inertie du bâtiment :
  - Suivant la NBN EN 12831-1:

Tableau B.4 — Capacité volumique de stockage thermique, valeurs nationales par défaut

Catégorie	Caractérisation	$C_{eff}$ [Wh/(m <sup>3</sup> ·K)]
basse	a) rapport élevé entre le volume intérieur et le volume extérieur (par exemple des halles industrielles ou de stockage) b) construction principalement légère, telle que : 1) toits légers 2) murs légers (structure en bois, panneaux sandwich, etc.) c) plafonds suspendus d) faux-planchers	15
moyenne/ élevée	a) faible rapport entre le volume intérieur et le volume extérieur, faible hauteur des pièces, murs épais b) construction principalement massive, telle que : 1) murs en briques ou en béton 2) planchers/plafonds en béton	50



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶  $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$
- ▶ A calculer pour chaque pièce
  - Pour dimensionner les émetteurs
  - Pour dimensionner la production



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶ Pour les bâtiments résidentiels :
  - La NBN EN 12831-1 ANB:2020 recommande de ne pas tenir compte d'une puissance supplémentaire de préchauffage.
    - ⇒ **Régulation empêchant l'abaissement de  $t^\circ$  pendant les jours les plus froids.**



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶ Pour les bâtiments **non résidentiels** :  
Sous les conditions suivantes, méthode de calcul simplifiée possible:
  - La période de restriction ne dépasse pas 48 h (ralenti de fin de semaine).
  - La période d'occupation pendant les jours ouvrables dépasse 8 h par jour.
  - La température intérieure nominale est comprise entre 20°C et 22°C.



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

- ▶ Pour les bâtiments **non résidentiels** :  
NBN EN 12831-1 ANB:2020
  - Temps de préchauffage par défaut:

Période d'abaissement / de non utilisation	Temps de préchauffage
$\leq 8h$	2h
$> 8h$ et $\leq 14h$	2h
$> 14h$ et $\leq 62h$	4h
$> 62h$ et $\leq 168h$	6h



## Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$

$$\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$$

Tableau F.1 — Puissance spécifique de préchauffage pour des temps sans utilisation compris entre 8 h et 168 h

Période de non-utilisation $t_{du,i}$ [h]	8				14				62				168	
	— abaissement nocturne dans les bâtiments résidentiels — exploitation avec deux équipes				— abaissement nocturne dans les bureaux — exploitation avec une équipe				— abaissement de fin de semaine				— période de vacances	
Taux de renouvellement de l'air pendant l'abaissement <sup>a</sup> $n_{ab,i}$ [h]	0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5		-	
Temps de préchauffage	Capacité de stockage thermique <sup>b</sup>													
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
$t_{hu,i}$ [h]	Puissance spécifique de préchauffage $\varphi_{hu,i}$ [W/m <sup>2</sup> ]													
0,5	63	16	74	26	88	38	91	56	92	> 100	92	> 100	92	> 100
1	34	10	43	16	50	29	50	43	55	100	55	> 100	55	> 100
2	14	3	21	8	28	18	28	29	32	86	32	> 100	32	> 100
3	5	0	10	2	17	12	18	21	23	73	22	94	23	> 100
4	0	0	3	0	11	7	12	15	17	64	17	84	17	95
6	0	0	0	0	3	1	5	5	10	52	10	70	10	81
12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	31	2	45	2	57

<sup>a</sup> Un taux de renouvellement de l'air de  $n_{ab,i} = 0,1 \text{ h}^{-1}$  peut être supposé si les fenêtres et les portes sont fermées.

<sup>b</sup> l – basse ; h – moyenne/élevée ; voir  $c_{\phi}$ , Paragraphe 6.3.5, Paragraphe A.2.7/B.2.7.



**Calcul de la puissance de relance  $\Phi_{RH}$**

- ▶ Par défaut:  $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} = 66 \cdot 64 = 4\,224 \text{ W}$
- ▶ Variante:  $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} = 66 \cdot 31 = 2\,046 \text{ W}$

Tableau F.1 — Puissance spécifique de préchauffage pour des temps sans utilisation compris entre 8 h et 168 h

Période de non-utilisation $t_{d,u}$ [h]	8		14				62				168			
	— abaissement nocturne dans les bâtiments résidentiels — exploitation avec deux équipes		— abaissement nocturne dans les bureaux — exploitation avec une équipe				— abaissement de fin de semaine				— période de vacances			
Taux de renouvellement de l'air pendant l'abaissement <sup>a</sup> $n_{d,u}$ [h]	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	-	-	-	
Temps de préchauffage $t_{p,u}$ [h]	Capacité de stockage thermique <sup>b</sup>													
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
$t_{p,u}$ [h]	Puissance spécifique de préchauffage $\varphi_{p,u}$ [W/m <sup>2</sup> ]													
0,5	63	16	74	26	88	38	91	56	92	>100	92	>100	92	>100
1	34	10	43	16	50	29	50	43	55	100	55	>100	55	>100
2	14	3	21	8	28	18	28	29	32	66	32	>100	32	>100
3	5	0	10	2	17	12	18	21	23	83	22	94	23	>100
4	0	0	3	0	11	7	12	15	17	64	17	80	17	95
6	0	0	0	0	3	1	5	5	10	38	10	70	10	81
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	27	52	27	57

<sup>a</sup> Un taux de renouvellement de l'air de  $n_{d,u} = 0,1 \text{ h}^{-1}$  peut être supposé si les fenêtres et les portes sont fermées.

<sup>b</sup> l – basse ; h – moyenne/élevée ; voir  $c_{d,g}$ , Paragraphe 6.3.5, Paragraphe A.2.7/B.2.7.

Étape	Procédure à suivre
a)	Détermination des données de base
b)	Identification des espaces dans le bâtiment
c)	Détermination des caractéristiques des parois pour chaque espace
d)	Calcul des déperditions calorifiques de base par transmission $\Phi_T$
e)	Calcul des déperditions calorifiques de base par ventilation $\Phi_V$
f)	Calcul des déperditions de base totales = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Calcul de la puissance de relance $\Phi_{RH}$
h)	Calcul de la charge thermique totale nécessaire : $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



**Calcul de la charge thermique totale nécessaire :  $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$**

⇒  $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$

**= Pertes par transmission + pertes par ventilation + relance**

⇒ **Pour l'étude de cas:**

**Relance par défaut:  $\Phi_{\text{totales}} = 1\,153 + 5\,690 + 4\,224 = 11\,067\text{ W}$**

**Relance optimisée:  $\Phi_{\text{totales}} = 1\,153 + 5\,690 + 2\,046 = 8\,889\text{ W}$**

⇒ **Les émetteurs de chaleur devront être dimensionnés pour assurer une puissance de 11 067 W ou 8 886 W suivant le choix du temps de préchauffage**

⇒ **Ce calcul devra être réalisé pour tous les locaux du bâtiment afin de dimensionner la production de chaud**



## Détermination du nombre de générateur(s)

- ▶ NBN D 30-001

	<b>chaudière 1</b>	<b>chaudière 2</b>	<b>chaudière 3</b>
$P < 200 \text{ kW}$	$1,1 \times P$	-	-
$200 < P < 600 \text{ kW}$	$0,6 \times P$	$0,6 \times P$	-
$P > 600 \text{ kW (*)}$	$0,33 \times P$	$0,33 \times P$	$0,5 \times P$
(*) par souci de standardisation, on peut également prévoir 3 chaudières identiques de $0,39 \times P$ .			



DÉFINITION DES BESOINS ET DES EXIGENCES POUR LE  
DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE

MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

CALCUL DE DÉPERDITIONS (NBN EN 12831-1 ANB:2020)

**IMPORTANCE DE LA RELANCE**



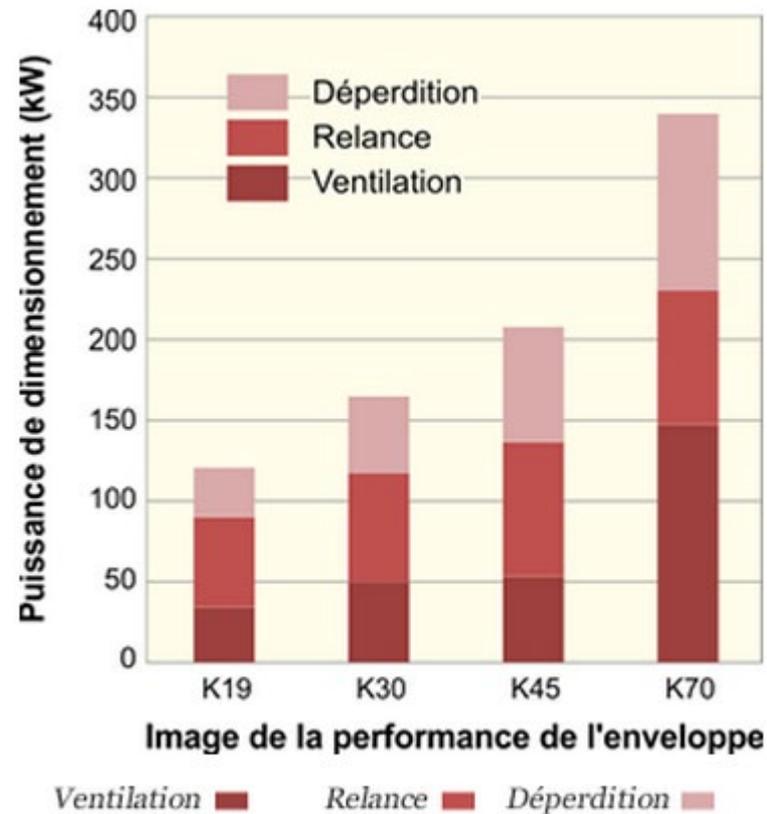
## Exemple étudié

- ▶ Puissance de déperditions:
    - Avec relance par défaut:  $168 \text{ W/m}^2$
    - Avec relance optimisée:  $135 \text{ W/m}^2$
  - ▶ Puissance de relance:
    - Relance par défaut:  $64 \text{ W/m}^2 \approx 38 \%$  puissance totale
    - Relance optimisée:  $31 \text{ W/m}^2 \approx 23 \%$  puissance totale
- ⇒ **Importance de la stratégie choisie pour la relance**
- ▶ Puissance faible en *relatif* car système de ventilation C et enveloppe standard



## Dans certains bâtiments performants

- ▶  $\Phi_{\text{déperditions}} < \Phi_{\text{relance}}$
- ▶ Graphiquement :

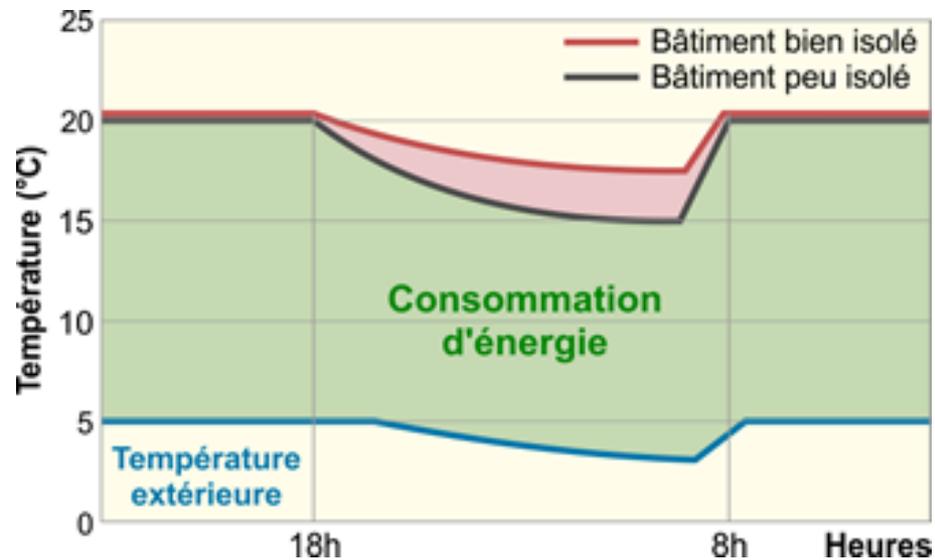


Source : Energie+



## Améliorer l'enveloppe, plus d'effet sur la puissance?

- ▶ Si !
- ▶ En absolu, la puissance de relance diminue :
  - Chute de  $T^\circ$  moins importante durant l'intermittence
  - Même durée de réchauffage= Puissance moins élevée

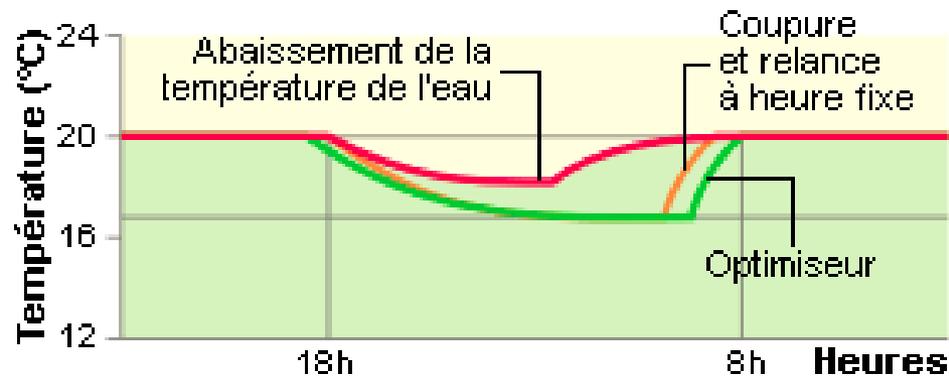


Source : Energie+



## Comment éviter la puissance de relance?

- ▶ Mise en place d'un optimiseur
  - Sur base de la température extérieure
  - Sur base de la température extérieure **et** intérieure
  - Autoadaptation



Source : Energie+



## Comment éviter la puissance de relance?

- ▶ Mise en place d'un optimiseur
  - Sur base de la température extérieure
  - Sur base de la température extérieure **et** intérieure
  - Autoadaptation

Exemple: Consigne de base = 20°C à 8h

Jour	Consigne
1 <sup>er</sup> jour	$T^{\circ}\text{ext} + T^{\circ}\text{int}$
2 <sup>e</sup> jour	Erreur jour précédent + $T^{\circ}$
3 <sup>e</sup> jour	Erreur jour précédent + $T^{\circ}$
4 <sup>e</sup> jour	Réglage optimal

⇒ **Même chose pour le moment de coupure**



## Comment éviter la puissance de relance?

- ▶ Réduire au minimum le système de ventilation
  - Cela permet de minimiser les pertes par ventilation pendant la période d'inoccupation
  - Selon norme NBN EN 15251 :
    - Minimum 2 vol/h avant occupation
    - 0,1 à 0,2 l/s.m<sup>2</sup> en continu
  - Il est également possible de chauffer sur l'air avec un registre de recyclage pendant la relance



## Ne pas négliger cette puissance

- ▶ Pratique commune dans les bâtiments existants
- ▶ Mais à ne pas oublier dans les bâtiments Passifs, TBE, etc.





- ▶ Un bilan de déperditions est primordial afin de dimensionner son installation de chauffage, aussi bien en rénovation qu'en construction neuve
- ▶ Réalisé selon la norme NBN EN 12831-1 ANB:2020
- ▶ Ne pas négliger la relance





## Guide bâtiment durable

[www.guidebatimentdurable.brussels](http://www.guidebatimentdurable.brussels)

- ▶ Thème ENERGIE

[Dossier | Garantir l'efficience des installations de chauffage et ECS \(distribution et émission\)](#)



## Sites internet

- ▶ NBN: [www.nbn.be](http://www.nbn.be)

Normes payantes

- ▶ [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

Calcul des U

Informations diverses sur les installations de chauffage

- ▶ [www.cstc.be](http://www.cstc.be)

Abonnement payant ou accès entrepreneur gratuit pour normes

Guide pratique pour le calcul des déperditions

Feuille Excel pour le calcul des déperditions (gratuite) :

[https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=heat\\_load](https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=heat_load)



**Julie RENAUX**

Ingénieur projet

écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\mathbf{H}_{T,ie} = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TB}) \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_e)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

Tableau 2 — Indices

a	: air	h	: hauteur	o	: opérative
A	: partie de bâtiment	inf	: infiltration	r	: radiante moyenne
bdg,B	: bâtiment	int	: intérieur	RH	: relance
bf	: plancher de sous-sol	i, j	: espace chauffé	su	: alimentation
bw	: mur de sous-sol	k	: paroi	T	: transmission
e	: extérieur	l	: pont thermique	tb	: type de bâtiment
env	: enveloppe	m	: moyenne annuelle	u	: espace non chauffé
equiv	: équivalent	mech	: mécanique	V	: ventilation
ex	: extraction	min	: minimum	$\Delta\theta$	: supplément de température intérieure
g	: sol	nat	: naturel	W	: eau, fenêtre/mur



Tableau 1 — Symboles et unités

Symbole	Nom	Unité	
$a, b, c, f$	facteurs correctifs divers	-	
$A$	aire	$m^2$	
$B'$	paramètre caractéristique	m	
$c_p$	capacité calorifique massique à pression constante	$J/(kg \cdot K)$	
$d$	épaisseur	m	
$e_i$	coefficient d'exposition	-	
$e_k, e_l$	facteurs correctifs pour l'exposition	-	
$G_w$	facteur correctif pour l'eau souterraine	-	
$h$	coefficient d'échange thermique superficiel	$W/(m^2 \cdot K)$	
$H$	coefficient de déperdition, coefficient de transfert thermique		
$l$	longueur		
$n$	taux de renouvellement en air extérieur		
$n_{50}$	taux de renouvellement d'air à 50 Pa de différence de pression entre l'extérieur du bâtiment		
	$P$	périmètre de la dalle de plancher	m
	$Q$	quantité de chaleur, quantité d'énergie	J
	$T$	température thermodynamique sur l'échelle Kelvin	K
	$U$	coefficient de transmission thermique	$W/(m^2 \cdot K)$
	$v$	vitesse du vent	m/s
	$V$	volume	$m^3$
	$\dot{V}$	débit d'air	$m^3/s$
	$\varepsilon$	facteur correctif de hauteur	-
	$\Phi$	flux de déperdition, puissance thermique	W
	$\Phi_{HL}$	charge thermique	W
	$\eta$	rendement	%
	$\lambda$	conductivité thermique	$W/(m \cdot K)$
	$\theta$	température sur l'échelle Celsius	$^{\circ}C$
	$\rho$	masse volumique de l'air à $\theta_{int,i}$	$kg/m^3$
	$\Psi$	coefficient de transmission thermique linéique	$W/(m \cdot K)$

