

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ENERGIE : PRINCIPES FONDAMENTAUX

PRINTEMPS 2024

Comment isoler un bâtiment?

Conductivité thermique et nœuds constructifs



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Julie RENAUX
écorce
INGENIEUR CONSEILLANT



- ▶ Présenter les enjeux liés à l'optimisation d'une enveloppe thermique
- ▶ Rendre compte de l'impact des pertes par transmission de l'enveloppe sur le bilan énergétique global d'un bâtiment
- ▶ Acquérir le vocabulaire technique lié au flux de chaleur à travers les parois
- ▶ Maîtriser les unités et ordres de grandeurs
- ▶ Comprendre ce que sont les nœuds constructifs, pouvoir les détecter et connaître les règles de bonnes pratiques



INTRODUCTION

PAROIS

- Parois opaques
- Parois transparentes

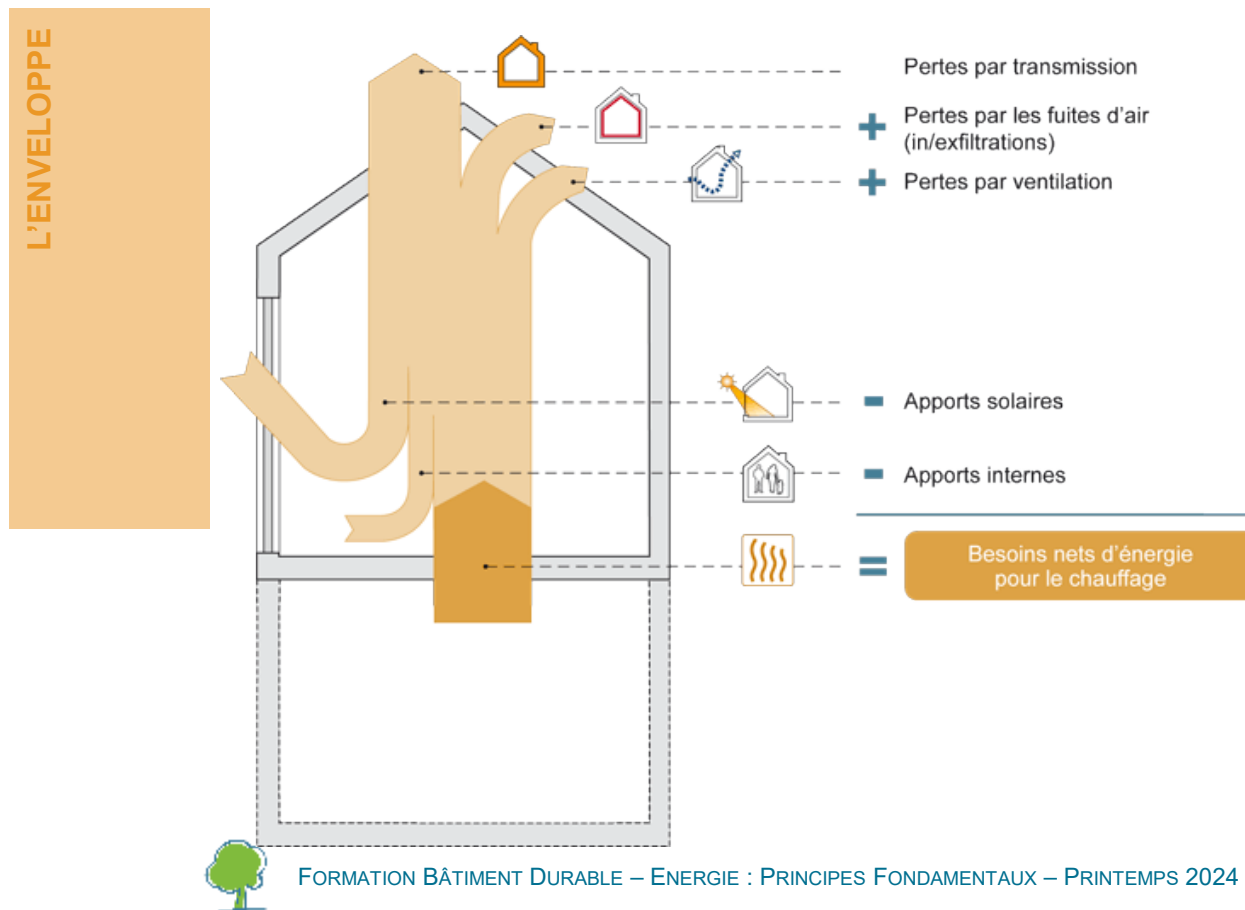
NŒUDS CONSTRUCTIFS

- Définition et typologies
- Repérage
- Quel impact?
- Règles de bonne pratique



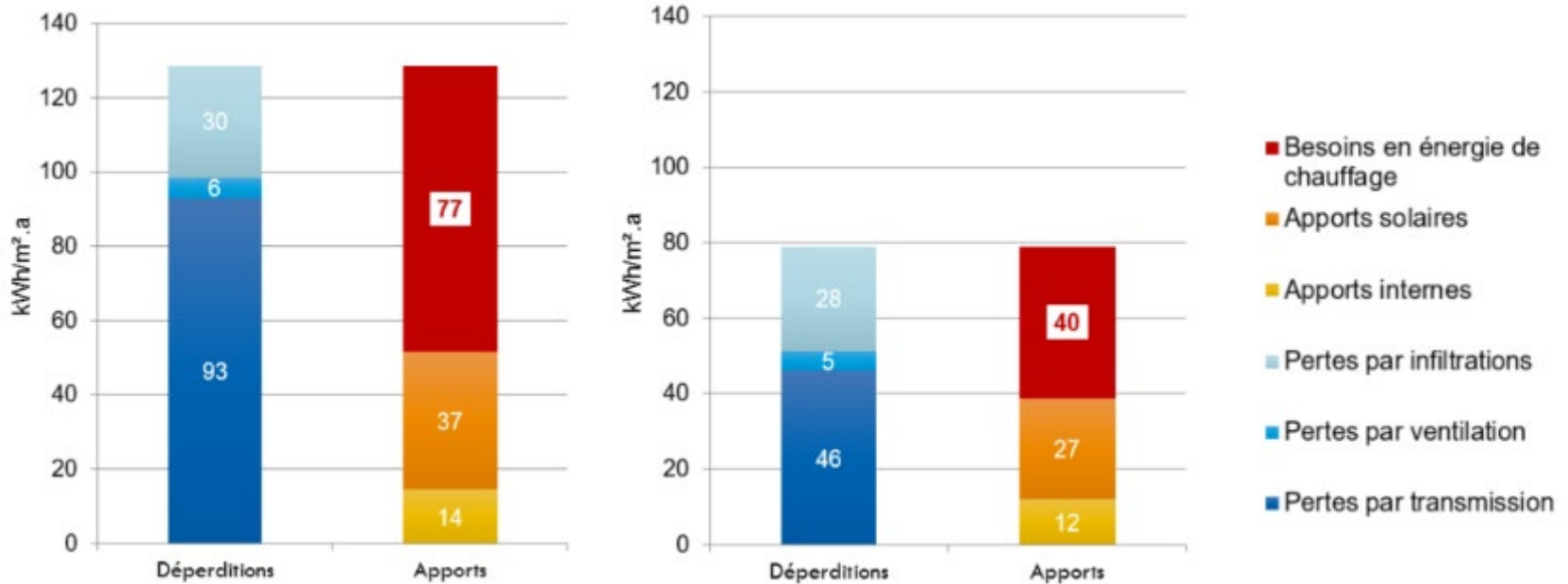
Bilan énergétique

- Besoins nets d'énergie pour le chauffage: *ce qu'il faut apporter comme énergie pour compenser les déperditions au sein du volume protégé, après avoir déduit les apports solaires et internes.* Ces besoins sont compensés par le système de chauffage



Bilan énergétique

- Impact des actions sur l'enveloppe sur la réduction du besoin de chauffage



Bilan du bâtiment « FIL ROUGE »

Cas de base non optimisé

$$U_{\text{moyen, parois opaques}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{moyen, fenêtres/portes}} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type de ventilation : système D

Etanchéité (v_{50}) = 12 m³/h.m²

Bilan du bâtiment « FIL ROUGE »

Enveloppe isolée

$$U_{\text{moyen, parois opaques}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{moyen, fenêtres/portes}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type de ventilation : système D

Etanchéité (v_{50}) = 12 m³/h.m²

Source : ecorce



Enjeux

- ▶ Minimiser les pertes par transmission
 - Profiter des contacts « favorables » et améliorer la compacité
 - Améliorer la performance des parois opaques et bonne gestion des ponts thermiques
 - Améliorer la performance des parois transparentes
- ▶ Amélioration du confort (température de parois)
- ▶ Limiter la puissance des équipements de chauffage



INTRODUCTION

PAROIS

- ▶ **Parois opaques**
- ▶ Parois transparentes

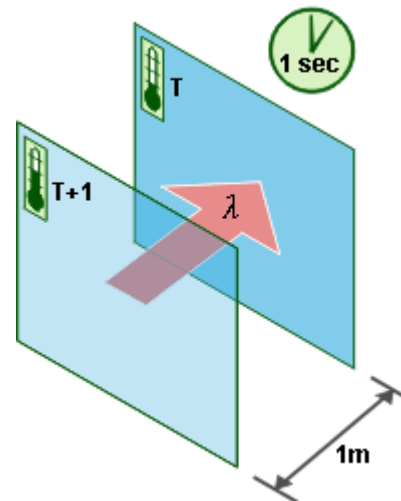
NŒUDS CONSTRUCTIFS

- ▶ Définition et typologies
- ▶ Repérage
- ▶ Quel impact?
- ▶ Règles de bonne pratique



Conductivité thermique d'un matériau – λ (W/mK)

- Quantité de chaleur qui se propage par conduction thermique dans un matériau
 - à travers 1 m^2 d'un matériau
 - épais d'un 1 m
 - en 1 seconde
 - lorsque la différence de température entre les deux faces est de 1 K ($1 \text{ K} = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$)



Source/ Bron : énergie +





Conductivité thermique d'un matériau – λ (W/mK)

- Quelques valeurs types

	sec	hum.		Conductivité thermique des matériaux λ en W/m.K
Matériaux isolants	0,028		polyuréthane	
	0,040		laine minérale, liège	
	0,058		vermiculite	
	0,065		perlite	
Bois et dérivés	0,17	0,19	feuillus durs	
	0,12	0,13	résineux	
Maçonneries	0,27	0,41	briques 700-1000 kg/m ³	
	0,54	0,75	briques 1000-1600 kg/m ³	
	0,90	1,1	briques 1600-2100 kg/m ³	
Verre	1,0	1,0		
Béton armé	1,7	2,2		
Pierres naturelles	1,40	1,69	tuft, pierre tendre	
	2,91	3,49	granit, marbres	
Métaux	45		acier	
	203		aluminium	
	384		cuivre	

Source/ Bron : énergie +



Résistance thermique totale d'un fragment d'enveloppe – R_T (m²K/W)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$



AMRBC
24/07/08
Chap.6.1.



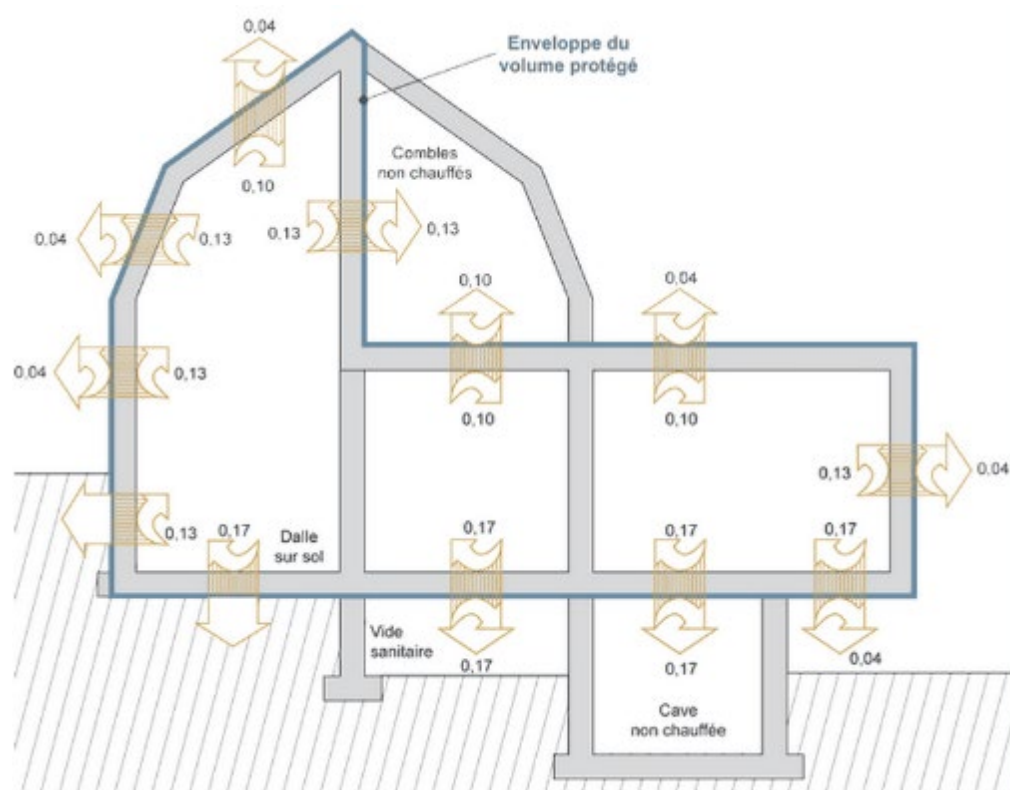
- Somme des résistances thermiques partielles des couches composant la paroi:
 - Echange superficiel avec l'ambiance extérieure
 - Lames d'air
 - Couches de matériaux
 - Echange superficiel avec l'ambiance intérieure



Résistance thermique totale d'un fragment d'enveloppe – R_T (m²K/W)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- R_{si} , R_{se} : résistances thermiques superficielles intérieures et extérieures
- Fonction de la paroi concernée et du sens du flux thermique



Source/ Bron : Guide PEB RW

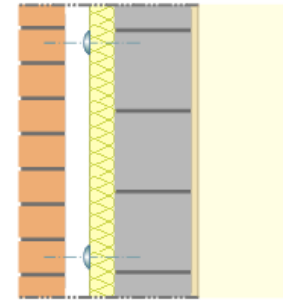


Résistance thermique totale d'un fragment d'enveloppe – R_T (m²K/W)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- $R_{1,2,3,\dots}$: résistance thermique de chacune des couches de la paroi
 - Couche homogène

$$R = d / \lambda \text{ (pour une couche homogène)}$$

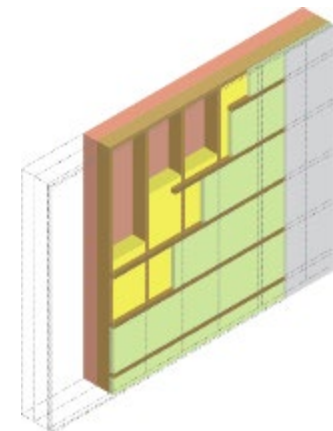


Source/ Bron : énergie +

- Couche non homogène → Calcul d'un λ moyen

$$\lambda_{U,\text{moyen}} = [\lambda_{U,\text{mat1}} * \%_{\text{mat1}}] + [\lambda_{U,\text{mat2}} * \%_{\text{mat2}}]$$

$$R = d / \lambda_{U,\text{moyen}}$$



Source/ Bron : énergie +

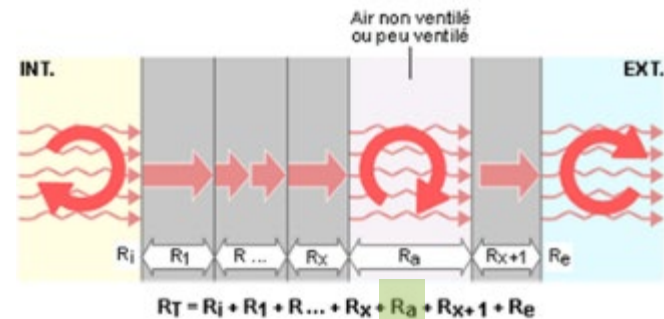


Résistance thermique totale d'un fragment d'enveloppe – R_T (m²K/W)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

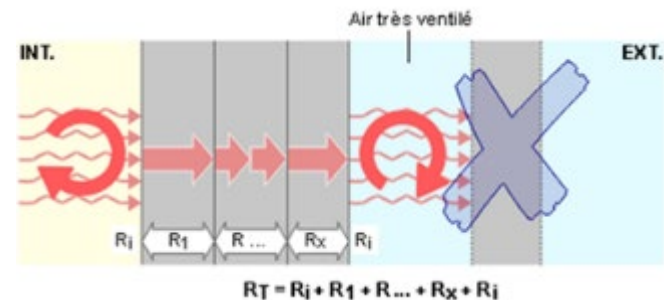
- Résistance thermique d'une éventuelle couche d'air

- Non ventilée
- Peu ventilée



Source/ Bron : énergie +

- Fortement ventilée : négligée, ainsi que toutes les autres couches externes après la lame d'air,

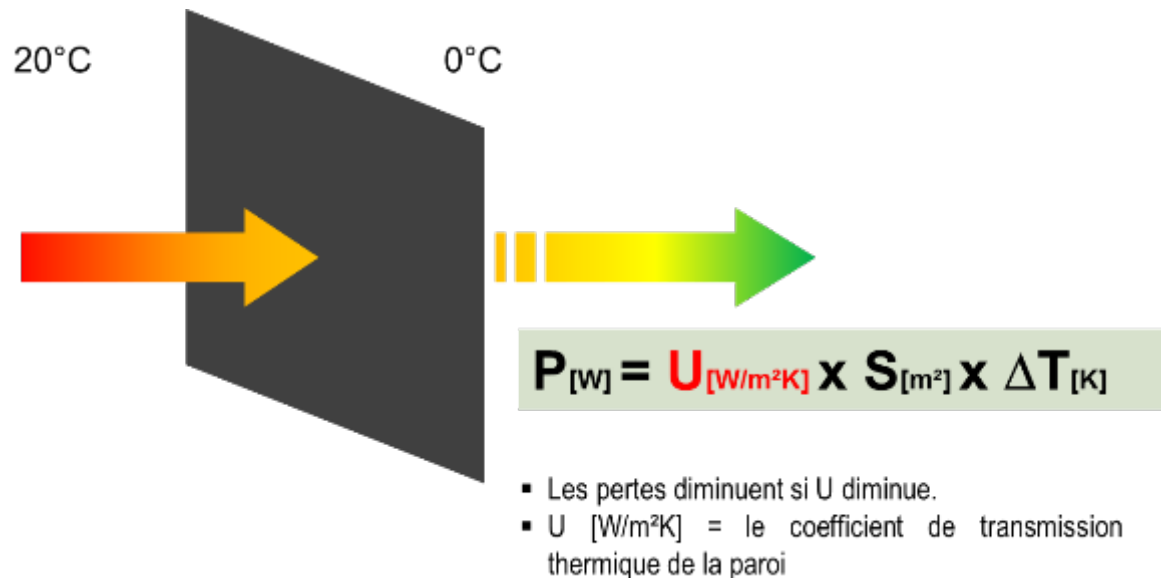


Source/ Bron : énergie +



Coefficient de transmission thermique d'éléments opaques – U (W/m²K)

$$U = 1 / R_T$$





Exigences PEB en RBC – Valeurs $U_{\max}$

Élément de construction	$U_{\max}$ (W/m²K)
1. PAROIS DELIMITANT LE VOLUME PROTÉGÉ , à l'exception des parois formant la séparation avec un volume protégé adjacent.	
1.1. PAROIS TRANSPARENTES/TRANSLUCIDES, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3), des murs-rideaux (voir 1.4) et des briques en verre (voir 1.5)	$U_{H,\max} = 1.5$ (1) $U_{G,\max} = 1.1$ (2)
1.2. PAROIS OPAQUES, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3) et des murs-rideaux (voir 1.4)	
1.2.1. toitures et plafonds	$U_{\max} = 0.24$
1.2.2. murs non en contact avec le sol, à l'exception des murs visés en 1.2.4.	$U_{\max} = 0.24$
1.2.3. murs en contact avec le sol	$U_{\max} = 0.24$ (3)
1.2.4. parois verticales et en pente en contact avec un vide sanitaire ou avec une cave en dehors du volume protégé	$U_{\max} = 0.24$
1.2.5. planchers en contact avec l'environnement extérieur ou au-dessus d'un espace adjacent non-chauffé	$U_{\max} = 0.24$
1.2.6. autres planchers (planchers sur terre-plein, au-dessus d'un vide sanitaire ou au-dessus d'une cave en dehors du volume protégé, planchers de cave enterrés)	$U_{\max} = 0.24$ (3)
1.3. PORTES ET PORTES DE GARAGE (cadre inclus)	$U_{D,\max} = 2.0$
1.4. MURS-RIDEAUX (suivant prEN 13947)	$U_{CW,\max} = 2.0$ $U_{G,\max} = 1.1$ (2)
1.5. PAROIS EN BRIQUES DE VERRE	$U_{\max} = 2.0$
1.6. PAROIS TRANSPARENTES/TRANSLUCIDES AUTRES QUE VERRE, à l'exception des portes et portes de garage (voir 1.3), des murs-rideaux (voir 1.4)	$U_{\max} = 2.0$ (1) $U_{tp,\max} = 1.4$
2. PAROIS ENTRE 2 VOLUMES PROTÉGÉS (4) à l'exception des portes et portes de garage	$U_{\max} = 1.0$
3. LES PAROIS OPAQUES SUIVANTES À L'INTÉRIEUR DU VOLUME PROTÉGÉ (5) à l'exception des portes et portes de garage: 3.1. ENTRE UNITÉS 'PEB HABITATION INDIVIDUELLE' ET TOUTES AUTRES UNITÉS PEB 3.2. ENTRE UNITÉS 'PEB AUTRE' ET TOUTES AUTRES UNITÉS PEB	$U_{\max} = 1.0$

Source/ Bron : Annexe XXIII(U/R)





Exercice – Calcul du U ($\text{W/m}^2\text{K}$)

- Exercice – Paroi homogène (mur)

Matériau (int → ext)	Epaisseur [m]	λ [W/mK]
Plafonnage	0,01	0,52
Bloc béton	0,14	1,07
Isolant PSE	0,3	0,032
Crépi	0,01	0,52

- Exercice – Paroi hétérogène (mur)

Matériau (int → ext)	Proportion	Epaisseur [m]	λ [W/mK]
OSB		0,02	0,13
Bois de charpente	15%	0,35	0,18
Ouate de cellulose	85%	0,35	0,04
Pare-pluie fibres de bois		0,02	0,13



INTRODUCTION

PAROIS

- Parois opaques
- **Parois transparentes**

NŒUDS CONSTRUCTIFS

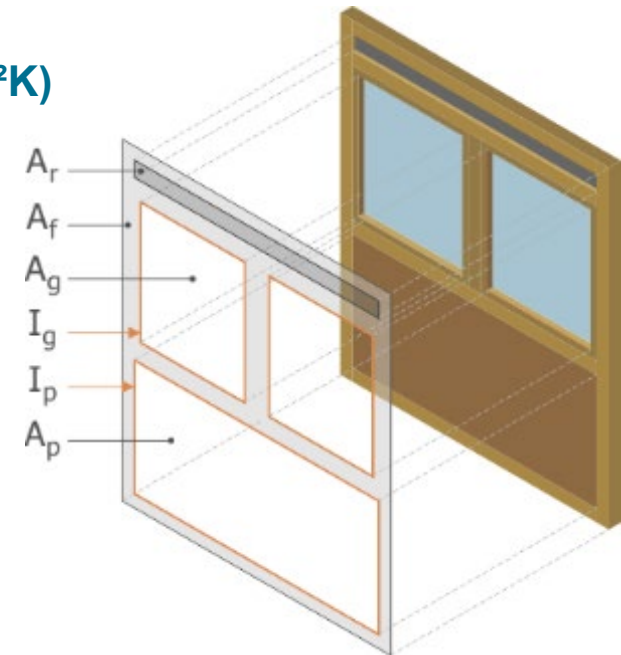
- Définition et typologies
- Repérage
- Quel impact?
- Règles de bonne pratique



Coefficient de transmission thermique – U_w (W/m²K)

- Calculé pour l'ensemble, dépend du

- Vitrage: U_g (glass)
- Châssis: U_f (frame)
- Espaceur: ψ_g
- (Grille de ventilation U_r)
- (Panneaux opaques U_p)



Source/ Bron : énergie +

- $$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + \psi_g \times I) / (A_f + A_g)$$

- Fonction de l'épaisseur de verre, de l'épaisseur de la lame, du remplissage du creux (air, argon, krypton, ...), de la présence et de la position d'une couche réfléchissante
- Valeur U_g certifiée par certificat fabricant suivant NBN EN 673
- Valeur U_p certifiée par certificat fabricant suivant NBN EN ISO 10077-1, NBN EN ISO 10077-2



Coefficient de transmission thermique – U_w (W/m²K)

- Composante U_f châssis (oscillo-battants), quelques valeurs types

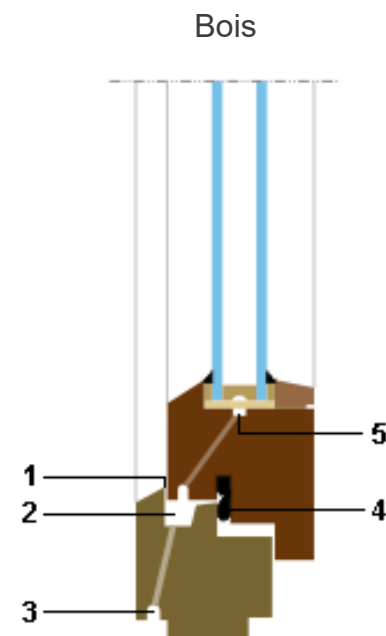
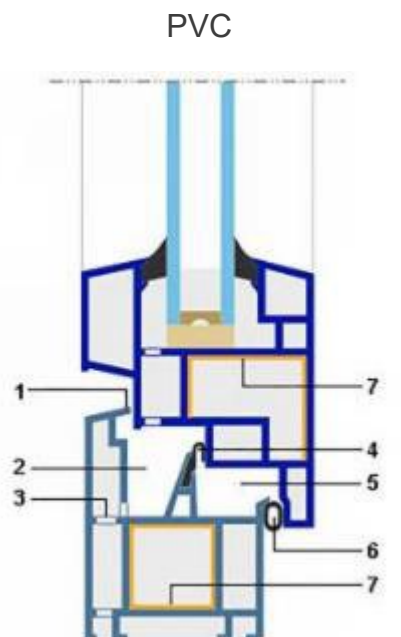
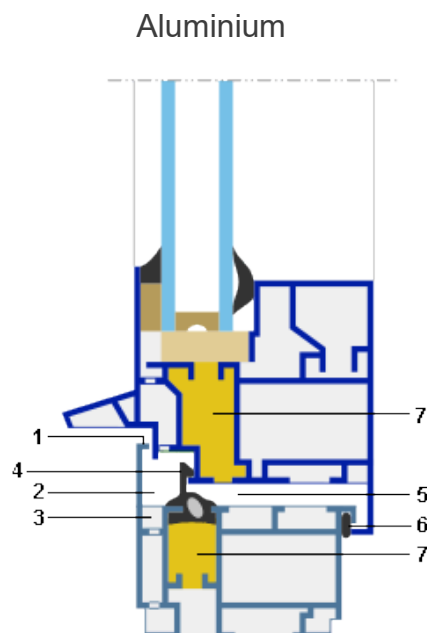


Type de profilé	U_f [W/m ² K]
Profilé aluminium à coupure thermique “standard”	2,00 – 2,60
Profilé aluminium à coupure thermique “performant”	1,10 – 1,80
Profilé aluminium à coupure thermique “haute performance”	0,70 – 0,90
Profilé PVC	0,80 – 2,00
Profilé bois 5 cm	2,00 - 2,36
Profilé bois 8 cm	1,50 – 2,00
Profilé bois + capotage aluminium isolé “haute performance”	0,60 – 1,00



Coefficient de transmission thermique – U_w (W/m²K)

- Coupure thermique



Coupe de principe d'un profilé de châssis

Source/ Bron : énergie +





Coefficient de transmission thermique – U_w (W/m²K)

- Composante U_g vitrage, quelques valeurs types

Type de vitrage	U_g [W/m ² K]
Simple vitrage	5,8
Double vitrage “standard”	1 - 1,1
Double vitrage “performant”	0,8 – 0,9
Triple vitrage	0,4 - 0,8
Valeur maximale PEB	1,1

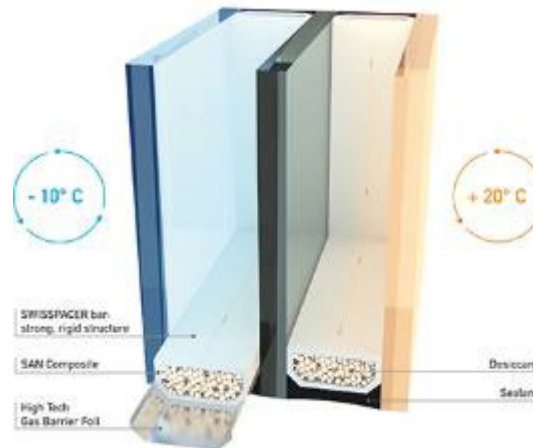


Coefficient de transmission thermique – U_w (W/m²K)

- Composante ψ_g espaceur



Type d'espaceur	ψ_g [W/mK]
Espaceur classique	$\approx 0,07$
Espaceur thermique	$\approx 0,03$



Espaceur thermique

Source/ Bron : Swisspacer

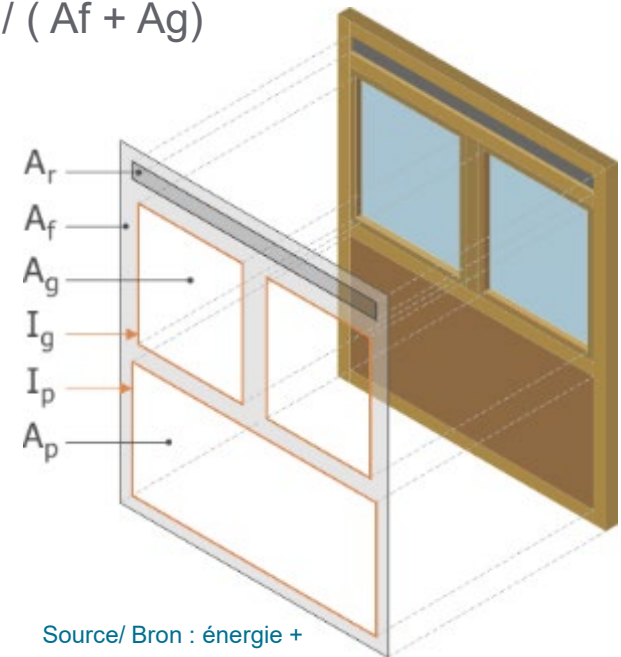
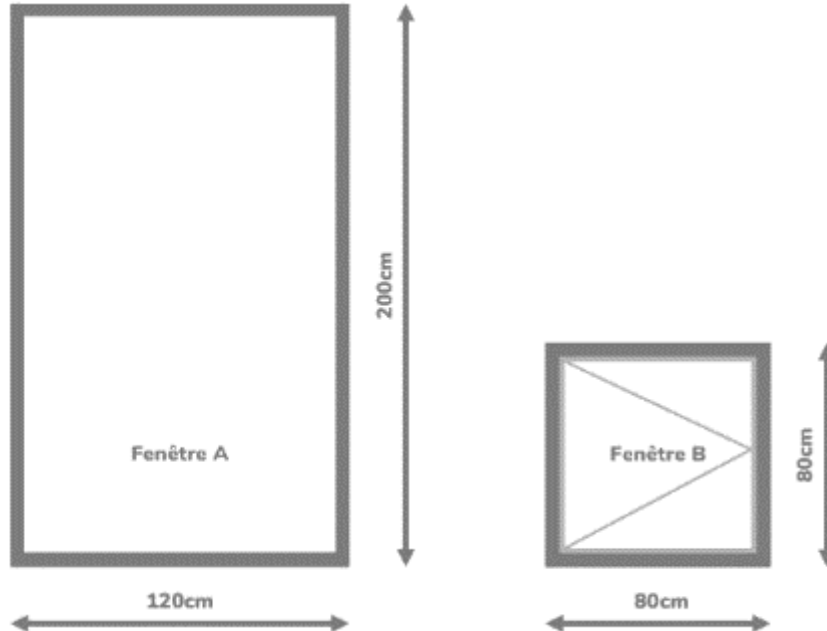




Exercice – Calcul du U_w (W/m^2K)

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + \psi_g \times l) / (A_f + A_g)$$

- Pour les fenêtres A et B
 - Vitrage: $U_g = 1,1 W/m^2K$
 - Châssis $U_f = 2,3 W/m^2K$
 - Intercalaire vitrage $\psi_g = 0,07 W/mK$
 - Ep. Châssis: 10 cm



Source/ Bron : énergie +

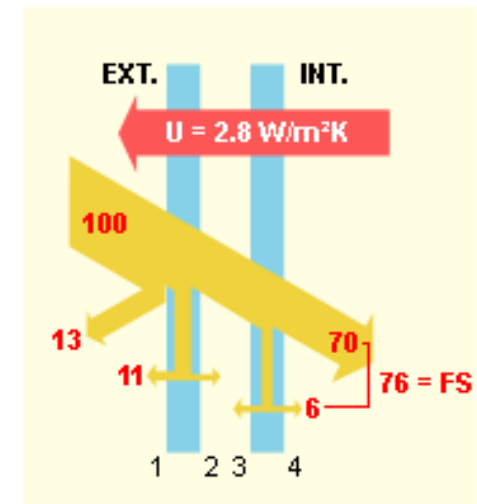


Autres propriétés du vitrage

- ▶ Gain solaire/surchauffe
 - Facteur solaire (F_s ou g): fraction de l'énergie solaire incidente qui passe au travers du vitrage
 - S'exprime en pourcents (%)



Type de vitrage	g
Simple vitrage	0,85
Double vitrage	0,50 - 0,70
Double vitrage contrôle solaire	0,20 - 0,30
Triple vitrage	0,40 - 0,60
Triple vitrage contrôle solaire	0,20 - 0,40

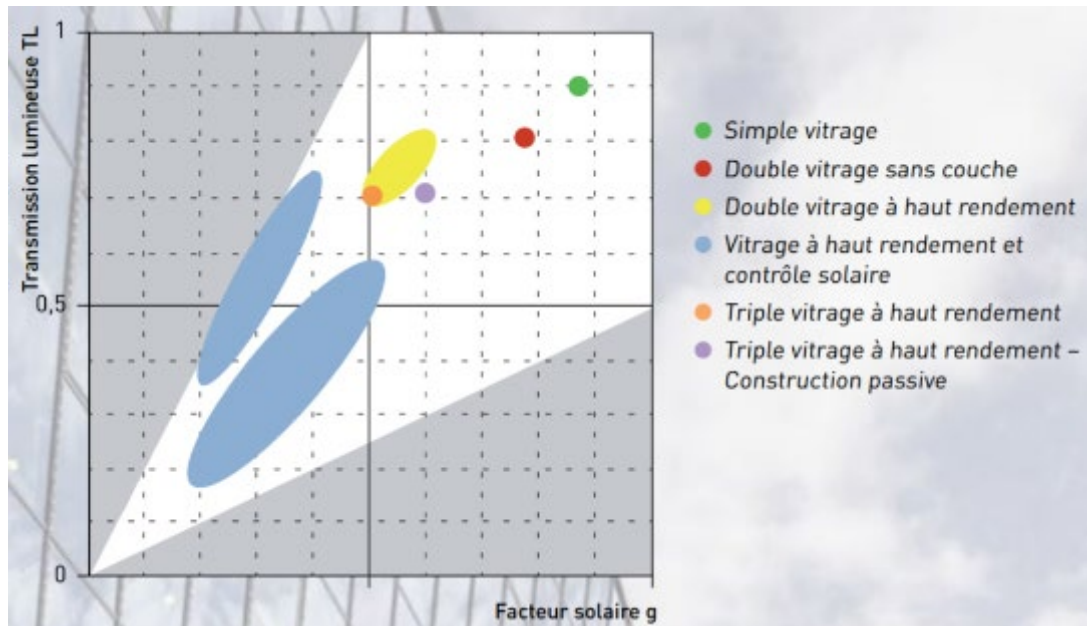


Source/ Bron : énergie +



Autres propriétés du vitrage

- Confort visuel
 - Transmission lumineuse (T_L): part du flux lumineux qui traverse un vitrage dans le spectre visible.
 - S'exprime en pourcents (%)



Source/ Bron : vgi-fiv



INTRODUCTION

PAROIS

- Parois opaques
- Parois transparentes

NŒUDS CONSTRUCTIFS

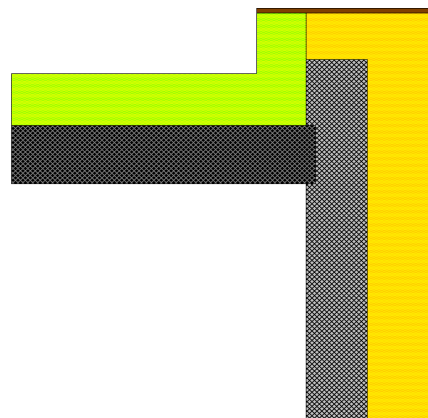
- **Définition et typologies**
- Repérage
- Quel impact?
- Règles de bonne pratique



Nœud constructif → au sens thermique

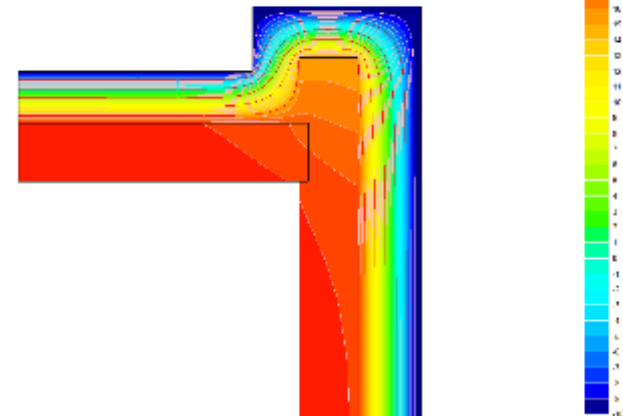


- Zones de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique diffère de façon sensible de celle du reste de l'enveloppe du bâtiment (NBN EN ISO 10211)
- Zones de l'enveloppe du bâtiment où le transfert de chaleur se produit en 2 ou 3 dimensions



Coupe - matériaux

λ	[W/mK]	
2.200		Crépi
1.700		Béton
1.700		Bloc béton
0.130		Bois
0.032		EPS
0.023		PUR



Coupe – flux thermiques

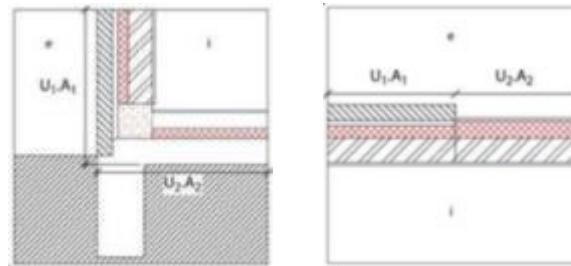
Source/ Bron : écorce



DÉFINITION ET TYPOLOGIES

Nœud constructif structurel

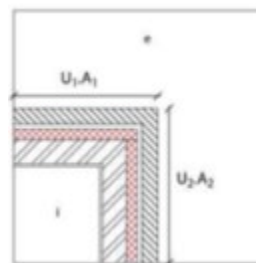
- Discontinuité des couches de matériaux par des matériaux ayant un coefficient de conduction thermique différent
- Modification de l'épaisseur des couches de matériaux



Source : Prise en compte des nœuds constructifs – Module I, IBGE BIM

Nœud constructif géométrique

- Une différence entre les dimensions intérieures et extérieures, comme au droit des angles



Source : Prise en compte des nœuds constructifs – Module I, IBGE BIM

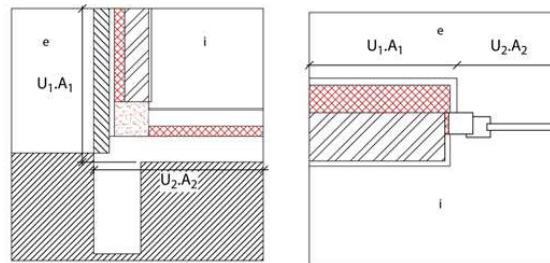
Combinaison entre nœuds constructifs structurels et géométriques



Nœud constructif linéaire

- Coefficient de transmission thermique linéaire – Ψ_e (W/mK)

$$\Psi_e = (\Phi_{2D} - \Phi_{1D}) / (T_i - T_e)$$

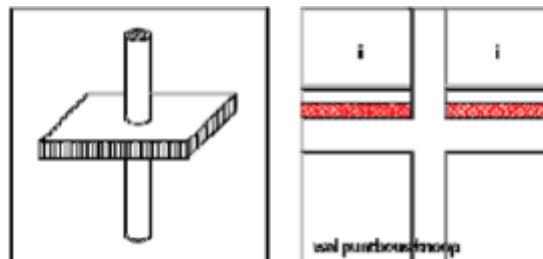


Source : Prise en compte des nœuds constructifs – Module I, IBGE BIM

Nœud constructif ponctuel

- Coefficient de transmission thermique ponctuel – X_e (W/K)

$$X_e = (\Phi_{3D} - \Phi_{2D}) / (T_i - T_e)$$



Source : Prise en compte des nœuds constructifs – Module I, IBGE BIM



Nœud constructif → au sens thermique... Mais pas que !

Un nœud constructif doit aussi être étudié du point de vue de ...

- ▶ Étanchéité à l'air
- ▶ Humidité
- ▶ ...

Nœud constructif >< Pont thermique



INTRODUCTION

PAROIS

- Parois opaques
- Parois transparentes

NŒUDS CONSTRUCTIFS

- Définition et typologies
- **Repérage**
- Quel impact?
- Règles de bonne pratique

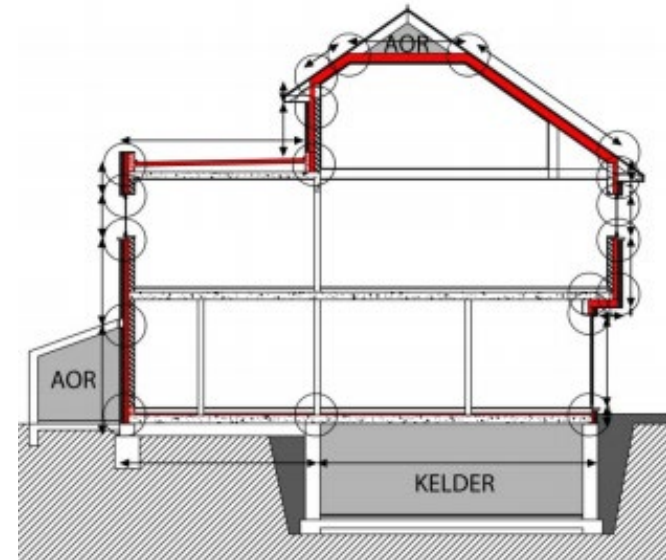


Comment les repérer?

- ▶ Là où deux parois de la surface de déperdition se rejoignent
- ▶ Là où une paroi de la surface de déperdition rencontre une paroi à la limite d'une parcelle adjacente
- ▶ Là où, dans une même paroi de la surface de déperdition, la couche isolante est interrompue
- ▶ Là où la couche isolante d'une paroi est interrompue ponctuellement



Source : Buildwise



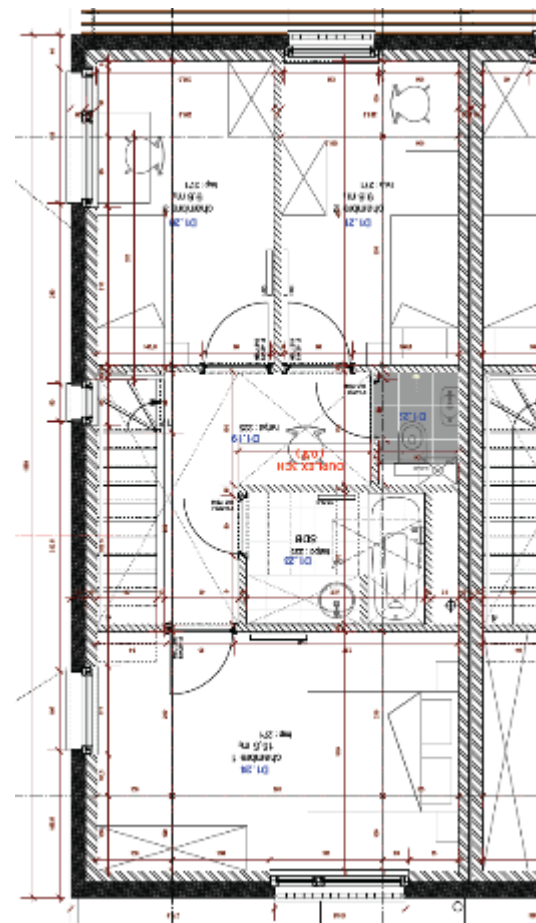
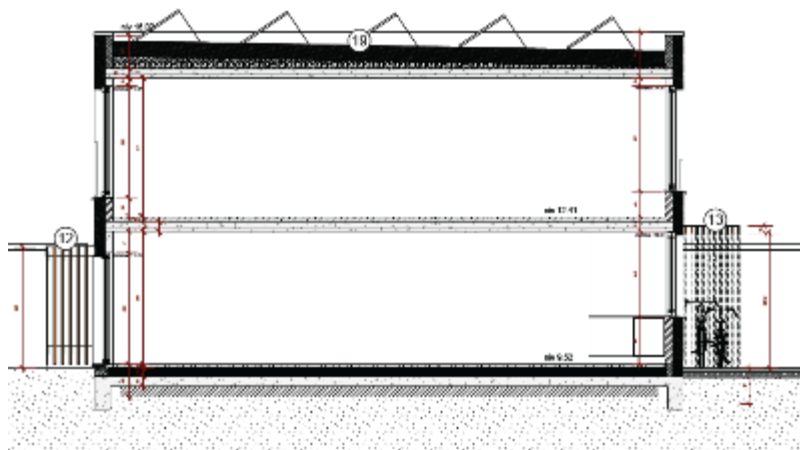
Source : Prise en compte des nœuds constructifs – Module I, IBGE BIM





Exercice

- ▶ Où?
- ▶ De quel type?
 - Structurel/géométrique
 - Ponctuel/linéaire



Source : ATLANTE



INTRODUCTION

PAROIS

- Parois opaques
- Parois transparentes

NŒUDS CONSTRUCTIFS

- Définition et typologies
- Repérage
- **Quel impact?**
- Règles de bonne pratique



Deux impacts principaux

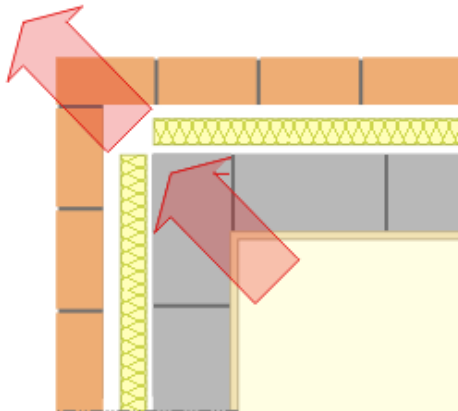
- ▶ Pathologique
 - Condensation de surface et formation de moisissures

- ▶ Thermique
 - Impact sur le bilan
 - Bâtiment passif (hors menuiserie extérieure): 5 à 8% des pertes par transmission si les nœuds constructifs sont bien gérés au niveau conception et mise en œuvre.
 - Bâtiment PEB : +0 à +10 points K



Impact pathologique

- Condensation de surface et formation de moisissures



Source/Bron : énergie +

NB: Les nœuds constructifs ne sont pas la seule cause d'humidité et de moisissures dans un bâtiment (infiltrations d'eau, humidité ascensionnelle, problème de diffusion de vapeur d'eau, etc) !



Facteur de température – τ (-)

- Le facteur de température (τ) en un point d'un détail constructif ou d'un pont thermique est la différence entre la température intérieure de surface (t_{surf_i}) en ce point et la température extérieure (t_e) lorsque la différence de température entre l'ambiance intérieure (t_i) et l'ambiance extérieure (t_e) du local est égale à 1 K

$$\tau = \frac{t_{surf_i} - t_e}{t_i - t_e}$$

- Si $T < 0,7$: risque de condensation et/ou d'apparition de moisissures (cfr NIT 153 Buildwise)
- Si $t_e = -10^\circ\text{C}$ et $t_i = 20^\circ\text{C}$, t_{surf_i} doit être $\geq 12^\circ\text{C}$ pour que le facteur de température τ soit supérieur 0,7



Facteur de température – τ (-)

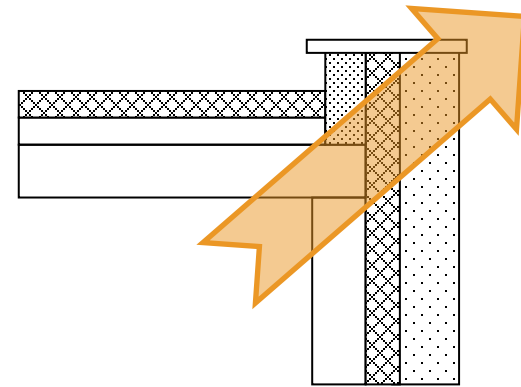
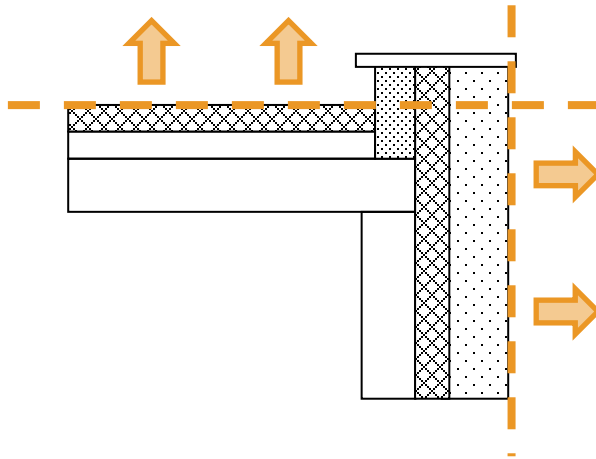
- ▶ Evalué de manière statique → Limite de la méthode
 - L'humidité relative
 - Le comportement du matériau à l'égard de l'eau
 - Le taux de ventilation hygiénique dans le local
 - Le temps

- ▶ Simulation dynamique pour évaluer l'ampleur du facteur de risque pathologique



Impact thermique

- Facteur de transmission thermique (Ψ , χ)



Déperditions thermiques
parois (1D)

$$\sum A_i b_i U_i$$

$$= H_{t, \text{construction}}$$



Déperditions thermiques
nœuds constructifs (2D ou 3D)

$$\sum l_k b_k \Psi_{e,k} + \sum b_l \chi_{e,l}$$

$$= H_{t, \text{junction}}$$



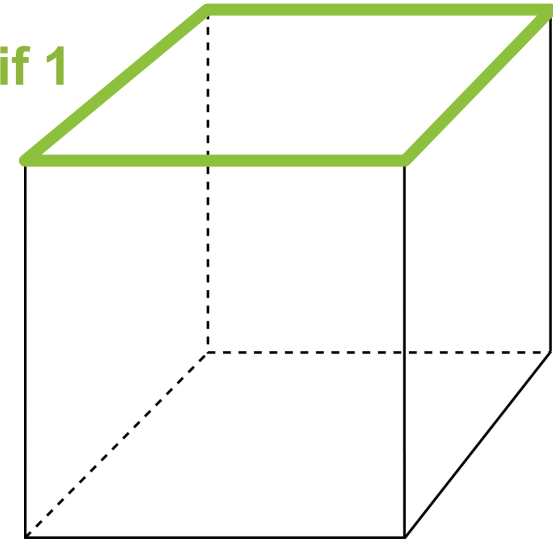


Exemple

- Soit un bâtiment cubique de 10 x 10 x 10 m dont les parois possèdent les propriétés suivantes:

- $U_{\text{toit}} = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_{\text{mur}} = 0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nœud Constructif 1



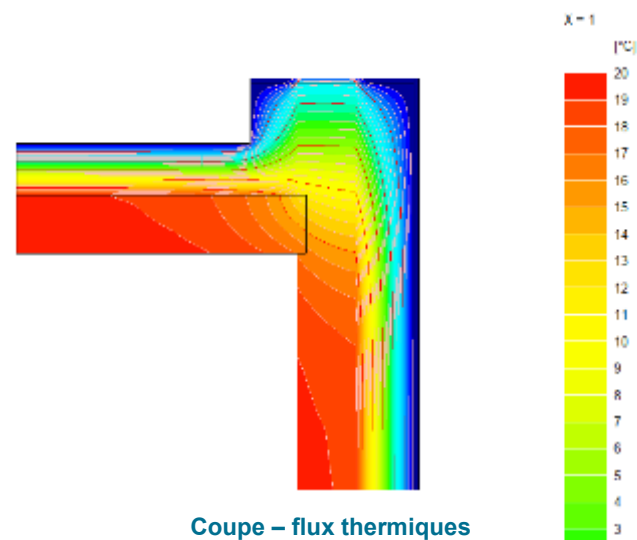
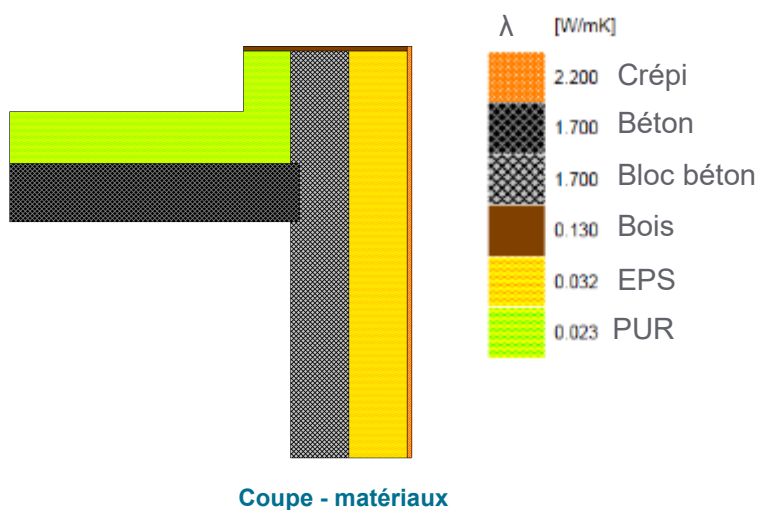
- Pertes par transmission via la toiture
→ $100\text{m}^2 \times 1 \times 0,123 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{12,3 \text{ W/K}}$
- Pertes par transmission via les murs
→ $400\text{m}^2 \times 1 \times 0,101 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{40,4 \text{ W/K}}$



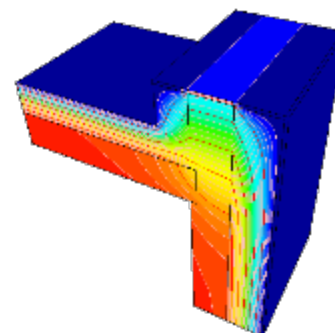


Exemple

- Gestion du NC1 (acrotère) – Version de départ



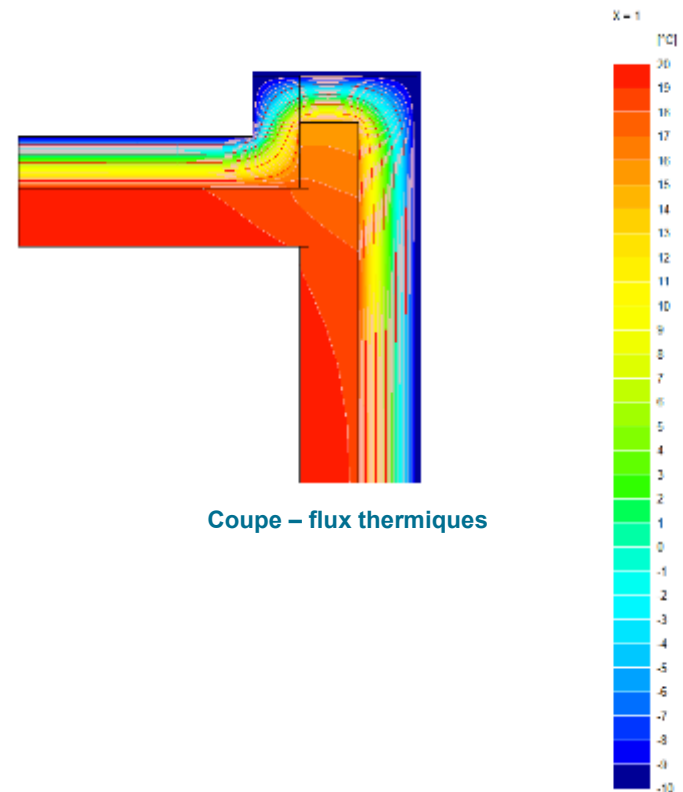
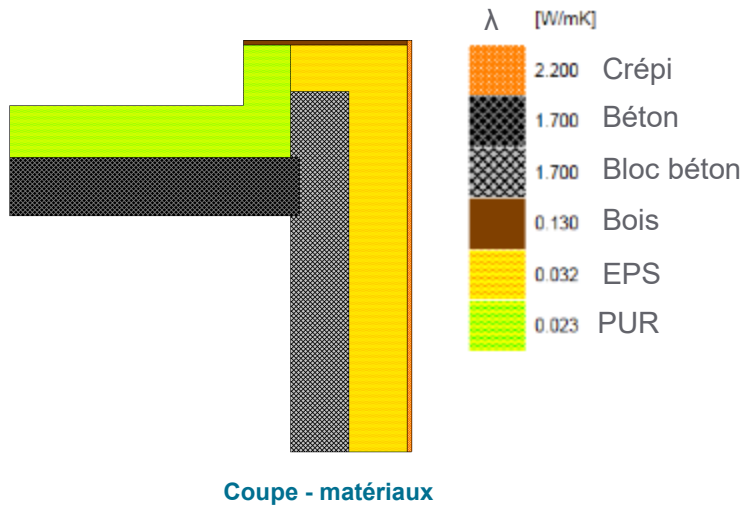
- $\Psi_{e,k} = 0,317 W/mK$





Exemple

- Gestion du NC1 (acrotère) – Version améliorée (continuité de l'isolant)



- $\Psi_{e,k} = 0,006 W/mK$





Exemple

- ▶ Soit un bâtiment cubique de 10 x 10 x 10 m dont les parois possèdent les propriétés suivantes
 - $U_{\text{toit}} = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_{\text{mur}} = 0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - ▶ Pertes par transmission via la toiture
→ $100\text{m}^2 \times 1 \times 0,123 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{12,3 \text{ W/K}}$
 - ▶ Pertes par transmission via les murs
→ $400\text{m}^2 \times 1 \times 0,101 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{40,4 \text{ W/K}}$
- Total pertes par transmission:
52,7 W/K
- ▶ Impact du NC1 – version de départ
→ $40\text{m} \times 1 \times 0,317 \text{ W/mK} = \mathbf{12,7 \text{ W/K}}$
soit **24%** des pertes par transmission via parois
 - ▶ Impact du NC1 – version améliorée
→ $40\text{m} \times 1 \times 0,006 \text{ W/mK} = \mathbf{0,24 \text{ W/K}}$
soit **0,5%** des pertes par transmission via parois



INTRODUCTION

PAROIS

- Parois opaques
- Parois transparentes

NŒUDS CONSTRUCTIFS

- Définition et typologies
- Repérage
- Quel impact?
- **Règles de bonne pratique**





Nœud PEB conforme

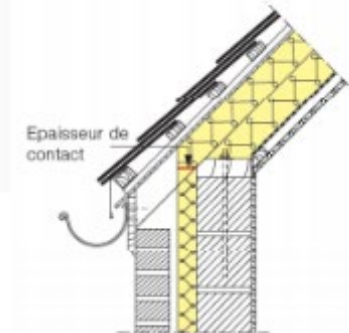
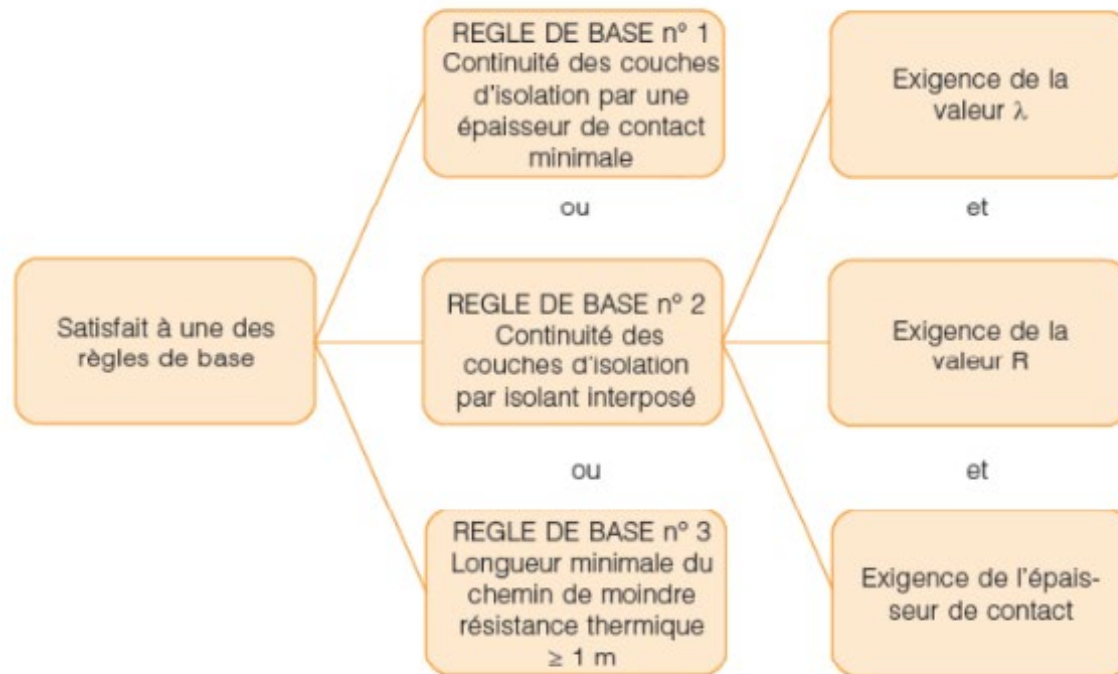


Fig. 1 Epaisseur de contact minimale.

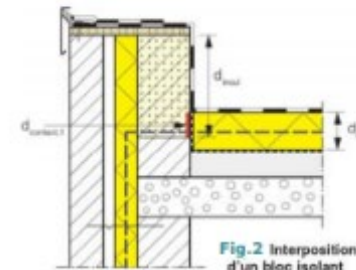


Fig. 2 Interposition d'un bloc isolant

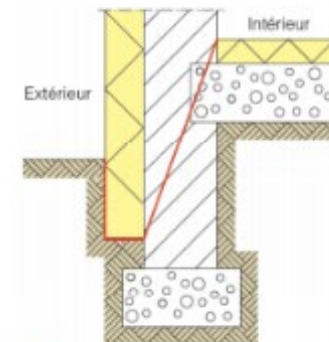


Fig. 3 Schéma de principe du chemin de moindre résistance thermique.

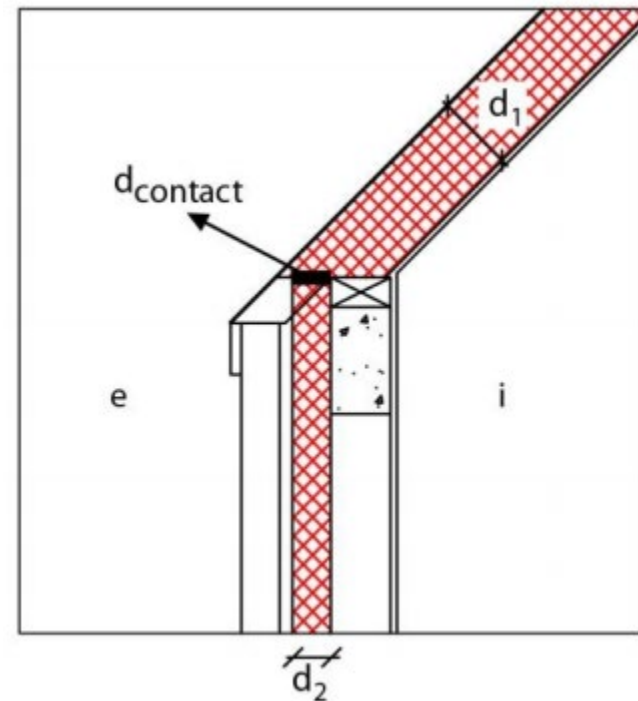
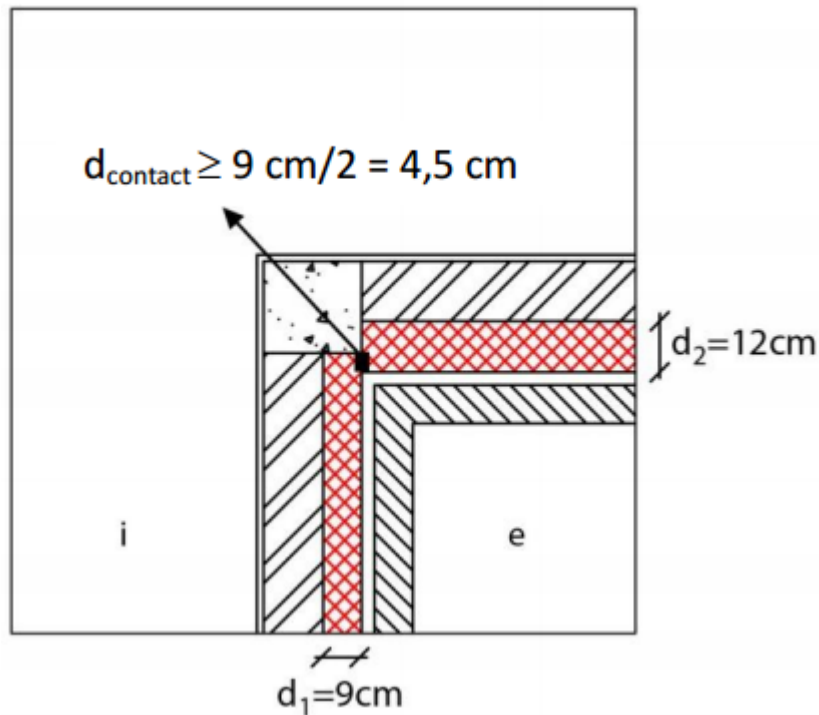
Source : Buildwise



Nœud PEB conforme

- Règle de base n°1 : surface de contact

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



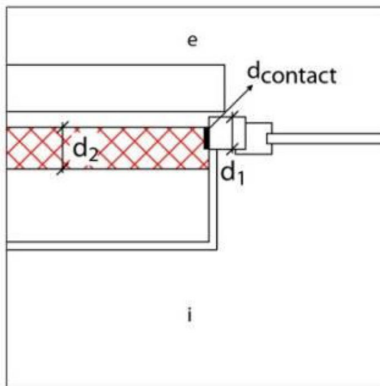
Source : Buildwise



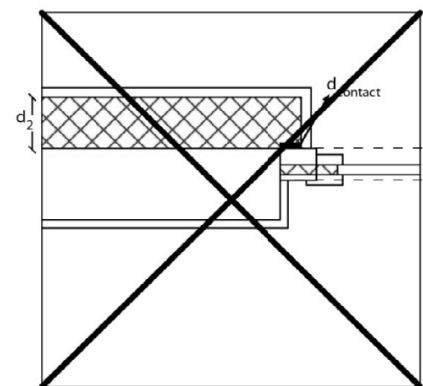
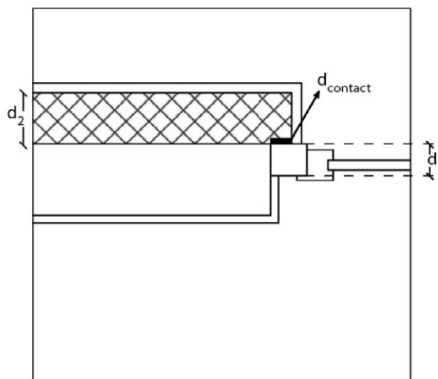
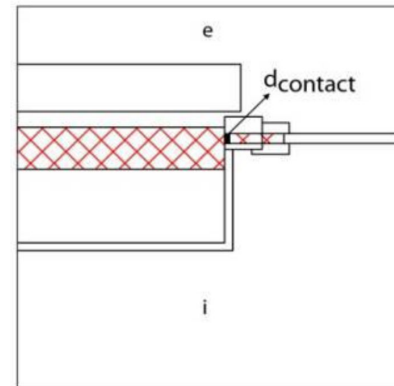
Nœud PEB conforme

- Règle de base n°1 : surface de contact

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



OU

Contact complet avec coupure thermique

Nœud PEB conforme

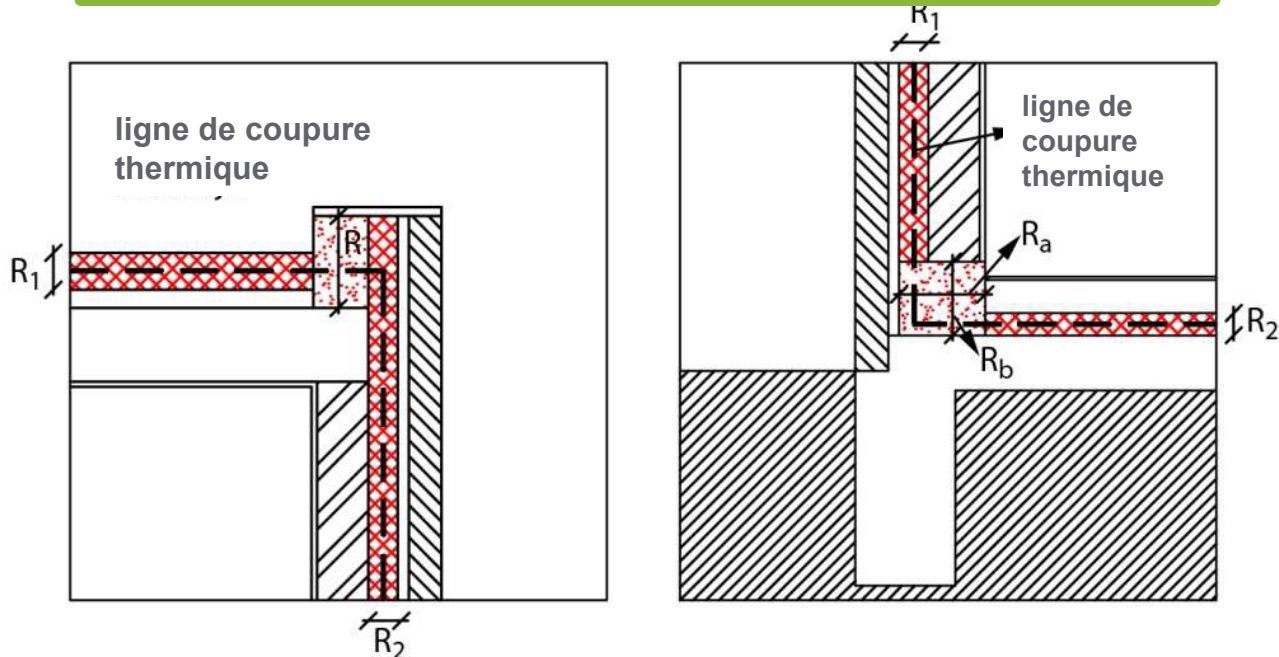
- Règle de base n°2 : élément interposé > 3 obligations

$$\lambda \leq 0.2 \text{ W/mK}$$

$$R \geq \min (R_1/2, R_2/2, 2^*)$$

* Valeur de 1.5 pour le cas des fenêtres !

$$d_{\text{contact},i} \geq \frac{1}{2} * \min(d_{\text{insulating part}}, d_x)$$



Nœud PEB conforme

- Règle de base n°2 : élément interposé > Quelques exemples de dispositifs

Bloc d'assise béton cellulaire/verre cellulaire



Source : Xella



Source : Foamglass

Appui colonne



Source : Plaka Group

Rupteur thermique dalle/balcon



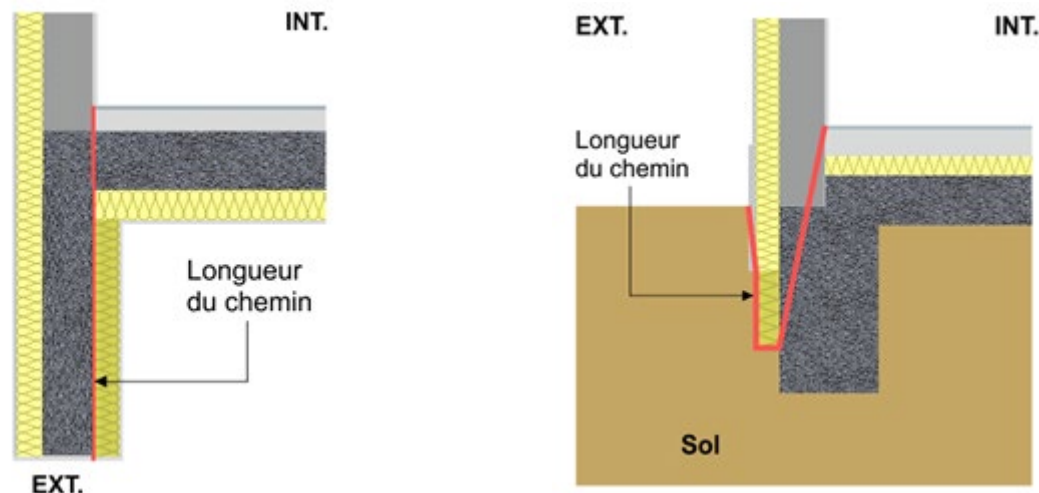
Source : Plaka Group



Nœud PEB conforme

- Règle de base n°3 : chemin de moindre résistance > 1m
 - Chemin de moindre résistance = plus court trajet entre intérieur et extérieur, sans traverser une couche isolante.
 - En cas d'isolation ajoutée: $R_{\text{isolant}} \geq R_{\text{min}} (R_1/2, R_2/2, 2^*)$

* Valeur de 1.5 pour le cas des fenêtres !



Source : Energie +





- ▶ La performance thermique de l'enveloppe joue un rôle important dans la consommation énergétique du bâtiment.
- ▶ Pour des éléments constitutifs identiques, la performance thermique d'une fenêtre varie fortement selon ses dimensions et la proportion châssis/vitrage.
- ▶ Une attention particulière doit être portée sur la conception et la mise en œuvre des nœuds constructifs pour limiter leur impact sur les pertes par transmission.





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ [Dossier | Diminuer les pertes par transmission](#)
- ▶ [Dossier | Gérer les nœuds constructifs](#)



Sites internet

- ▶ Service ponts thermiques (PMP)
<http://www.ponts-thermiques.be>
Catalogue des nœuds constructifs rencontrés fréquemment
- ▶ Energie +
[Les ponts thermiques](#)
[La propagation de la chaleur à travers une paroi](#)



Formations et séminaires

- ▶ Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement
<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>
Consultez tous les supports [gratuitement](#) !
- ▶ Pour aller plus loin...
Rénovation partielle et par phase
Enveloppe : Isolation de la façade à rue
Enveloppe : Isolation de la toiture



Julie RENAUX

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

