

Version juin 2014

Prise en compte des nœuds constructifs dans la PEB

Formation développée dans le cadre de PATHB2010

Dans le cadre du PROJET 'PATHB2010'
Practical Approach for Thermal Bridges 2010

AVEC LE SOUTIEN DE
Région de Bruxelles-Capitale
Région flamande
Région wallonne

PARTENAIRES
CSTC
K.U.Leuven
Sint-Lucas Architectuur Brussel-Gent
UCL
UGent
ULg



AVEC L'APPUI PEDAGOGIQUE DU

CIFFUL



- 
1. Introduction
 2. Définition
 3. Exercices
 4. Règles de base
 5. Encodage
 6. Cas particuliers
 7. Conclusion

Prise en compte des nœuds constructifs dans la PEB

1. Introduction

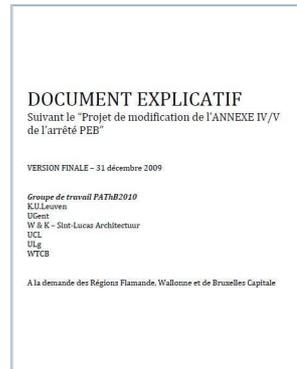
Ponts thermiques

La prise en compte des ponts thermiques est une donnée réglementaire qui entrera en vigueur **dès le 1er mai 2012 en Wallonie.**

Les principes de la méthode de calcul seront présentés dans **l'annexe IV - Traitement des nœuds constructifs** du **prochain AGW PEB** qui remplacera l'AGW du 17 avril 2008 en vigueur actuellement.

Documents de référence :

- Projet de la future Annexe IV de la réglementation PEB
- Document explicatif



L'influence des ponts thermiques est **double !!**

Non concerné par la réglementation PEB, mais **engage bien la responsabilité des concepteurs et bâtisseurs !**

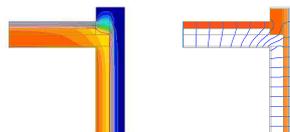
Température plus basse sur la face intérieure avec risque accru de **problèmes d'humidité et de moisissures**



*Source: www.btwinfo.nl

Réglementation PEB *annexe IV*

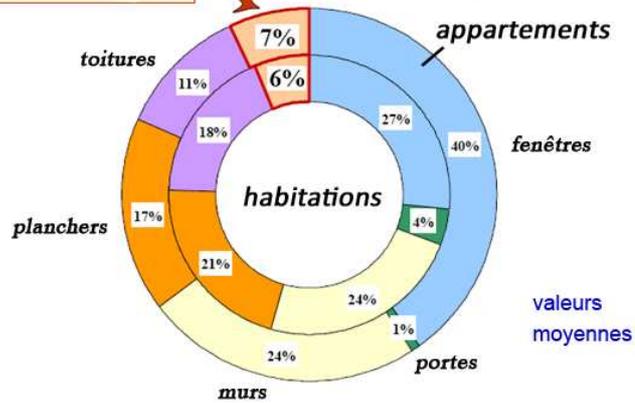
Pertes de chaleur qui diffèrent du modèle unidimensionnel



L'influence des ponts thermiques = pertes de chaleur

Étude SENVIVV (1995-1997)

Ponts thermiques



6

Plus le niveau d'isolation s'améliore, plus l'influence des ponts thermiques est importante.

Situation de la réglementation PEB en Wallonie au 01.01.2014

Habitation individuelle, bureaux et services/enseignement

Niveau $K \leq 35$

Niveau $E_w \leq 80$

Niveau $E_{spec} \leq 130 \text{ kWh/m}^2$

Calcul des pertes par transmission pour déterminer les niveaux K et E :

- uniquement à partir des valeurs U et des superficies,
- prise en compte de pertes de chaleur à travers les ponts thermiques (seuils, appuis sur fondation, acrotères ...).

7

1. Introduction

Ponts thermiques → Nœuds constructifs

Le terme **pont thermique**, utilisé généralement, n'est volontairement plus utilisé dans la réglementation afin d'**éviter la connotation négative** qui y est attachée.

Lorsqu'on fait attention à traiter correctement le détail d'exécution du point de vue thermique, ce n'est plus, à proprement parler, un pont thermique.

C'est la raison pour laquelle le terme **nœud constructif** a été introduit.

- Approche plus positive
- Dénomination commune tant pour les bonnes que pour les mauvaises solutions

8

1. Introduction

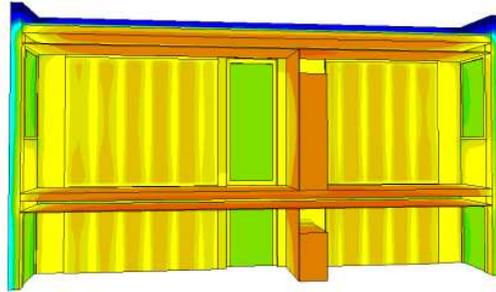
Cadre physique

9

1. Introduction

Cadre physique

Le transfert de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment se produit de manière MULTI-DIMENSIONNELLE

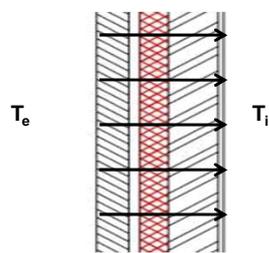


10

1. Introduction

Cadre physique

Les calculs actuels du niveau K sont basés sur les valeurs U des parois
→ TRANSFERT DE CHALEUR UNI-DIMENSIONNEL



Lignes de flux thermique perpendiculaires au plan de la façade

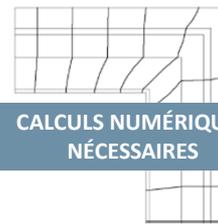
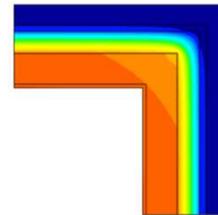
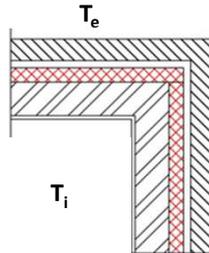


Isothermes parallèles au plan de la façade

$$\Phi = A \cdot U \cdot (T_i - T_e)$$

11

A certains endroits, le modèle uni-dimensionnel n'est pas correct.
Les lignes de flux thermique et les isothermes se déforment.



CALCULS NUMÉRIQUES
NÉCESSAIRES

12

Comment prendre en compte le supplément de perte de chaleur ?

À l'aide des valeurs

ψ - ψ_i (nœud linéique) - en W/m.K

χ - chi [ki] (nœud ponctuel) - en W/K

= **facteurs de correction** du calcul de référence de la perte par transmission

Ces **coefficients de transmission thermique** indiquent quel supplément doit être ajouté au transport de chaleur qui a été calculé à partir des valeurs U.

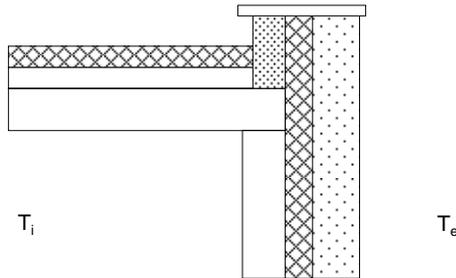
Vu que le calcul de référence est basé sur les dimensions extérieures ('exterior'), un suffixe est joint au symbole : Ψ_e et X_e .

13

1. Introduction

Cadre physique

Coefficient de transmission thermique linéique Ψ_e [W/mK]
 = terme de correction linéique du flux thermique calculé suivant la référence unidimensionnelle et pour une différence de température de 1 K entre les environnements situés de part et d'autre du nœud constructif linéaire



à l'aide d'un calcul numérique

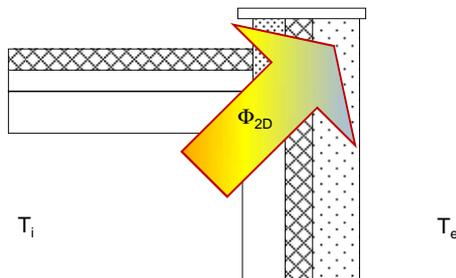
$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D} - \Phi_{1D}}{L(T_i - T)_e} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

14

1. Introduction

Cadre physique

Coefficient de transmission thermique linéique Ψ_e [W/mK]
 terme de correction linéique du flux thermique calculé suivant la référence unidimensionnelle et pour une différence de température de 1 K entre les environnements situés de part et d'autre du nœud constructif linéaire



à l'aide d'un calcul numérique

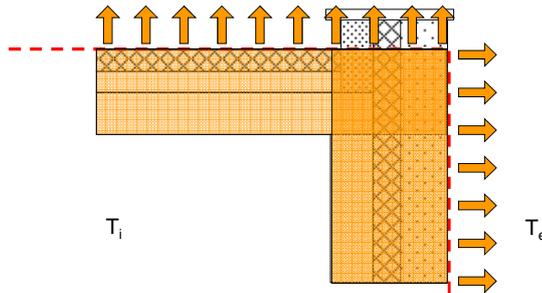
$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D} - \Phi_{1D}}{L(T_i - T)_e} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

15

1. Introduction

Cadre physique

Coefficient de transmission thermique linéique Ψ_e [W/mK]
terme de correction linéique du flux thermique calculé suivant la référence unidimensionnelle et pour une différence de température de 1 K entre les environnements situés de part et d'autre du nœud constructif linéaire



à l'aide d'un calcul numérique

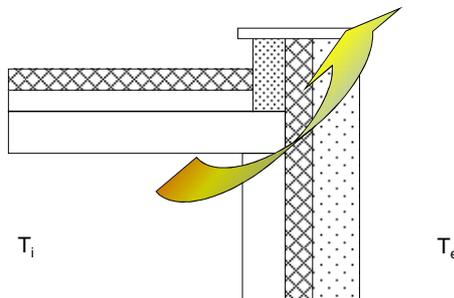
$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D} - \Phi_{1D}}{L(T_i - T)_e} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

16

1. Introduction

Cadre physique

Coefficient de transmission thermique linéique Ψ_e [W/mK]
terme de correction linéique du flux thermique calculé suivant la référence unidimensionnelle et pour une différence de température de 1 K entre les environnements situés de part et d'autre du nœud constructif linéaire



à l'aide d'un calcul numérique

$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D} - \Phi_{1D}}{L(T_i - T)_e} \left[\frac{W}{mK} \right]$$

17

1. Introduction

Cadre physique

Correction à l'aide des

- coefficients de transmission thermique linéique Ψ_e [W/mK]
- coefficients de transmission thermique ponctuel χ_e [W/K]
→ méthode analogue

CONSÉQUENCE

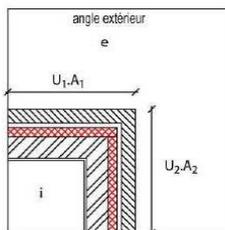
De par leur dépendance à la géométrie, les valeurs Ψ et χ ne sont pas à interpréter comme des valeurs U

- ✓ Des valeurs Ψ et χ peuvent être négatives
- ✓ Une petite valeur Ψ ou χ n'annonce pas nécessairement un détail à pont thermique négligeable

18

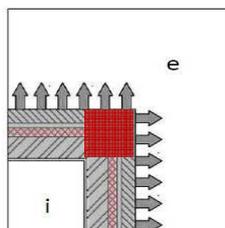
1. Introduction

Cadre physique



Contrairement aux valeurs U, les coefficients Ψ_e ou χ_e peuvent être négatifs. Ces valeurs ne dépendent pas uniquement de la qualité thermique du nœud constructif mais aussi de sa géométrie.

Cela se produit lorsque le calcul de référence amène une surévaluation du flux thermique réel apparent par laquelle Ψ_e ou χ_e peuvent devenir négatifs.



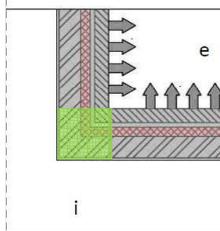
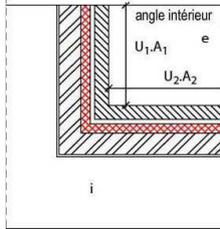
Angle extérieur

Etant donné que le calcul de référence est basé sur les dimensions extérieures, la zone d'angle d'un angle extérieur est **comptée 2 fois** et, de ce fait, le résultat final **peut être négatif** en raison d'une surévaluation de la déperdition thermique réelle.

19

1. Introduction

Cadre physique



Angle intérieur

Dans le cas d'un angle intérieur par contre, la zone d'angle n'est **pas comptée** et, de ce fait, le résultat final est **positif** en raison d'une sous-évaluation de la déperdition thermique réelle.

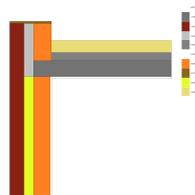
20

1. Introduction

Cadre physique

Valeurs Ψ et χ négatives

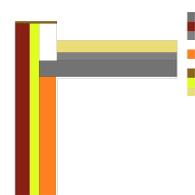
ACROTÈRE



$\Psi_e = 0,304 \text{ W/mK}$

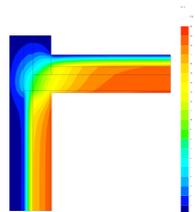
$U_{\text{toit}} = 0.271 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{\text{mur}} = 0.370 \text{ W/m}^2\text{K}$

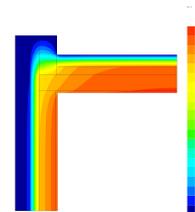


$\Psi_e = -0,034 \text{ W/mK}$

Ψ_e peut être **NÉGATIF**
car Φ_{2D} peut être $< \Phi_{1D}$



$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D} - \Phi_{1D}}{T_i - T_e} \left[\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$$

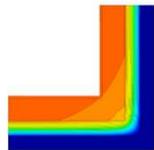
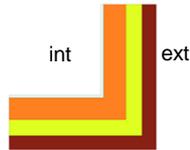


1. Introduction

Cadre physique

Une petite valeur Ψ ou χ n'annonce pas nécessairement un détail à pont thermique négligeable.

Nœud constructif 1 : « ANGLE SAILLANT »

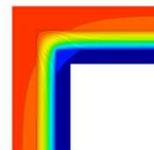
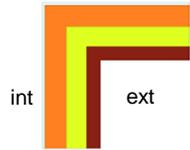


$\Psi_{e,1} = -0,129 \text{ W/mK}$

$\Psi_{e,2} > \Psi_{e,1}$

Le nœud constructif 2 serait moins bon que le nœud constructif 1 ?

Nœud constructif 2 : « ANGLE ENTRANT »



$\Psi_{e,2} = 0,068 \text{ W/mK}$

Non ! -> attention lorsqu'on compare les valeurs Ψ_e

-> Le nœud constructif 1 est thermiquement équivalent au nœud constructif 2

-> Le calcul de référence à partir des dimensions extérieures donne une image déformée des valeurs Ψ

1. Introduction

Cadre réglementaire

L'annexe IV de l'Arrêté PEB - chap. 3 commence comme ceci :

“Pour la détermination du coefficient de transfert thermique total par transmission H_T , il faut tenir compte de l'influence des nœuds constructifs.

Le coefficient de transfert thermique total par transmission H_T est utilisé pour la détermination tant du niveau K que du niveau Ew..”

**H_T = coefficient de déperdition de chaleur par transmission
OU
coefficient de transfert thermique par transmission**

Avec l'application de l'annexe IV, le coefficient H_T devra tenir compte **des pertes par transmission des parois ($H_{T,construction}$)** mais aussi **des pertes par transmission au niveau des raccords ($H_{T,junction}$)**.

$$H_T = H_{T,construction} + H_{T,junction}$$

Via les parois de la surface de déperdition
→ annexe VII de l'Arrêté PEB

$$\sum A_i \cdot U_i \cdot b_u$$

Via les nœuds constructifs
→ annexe IV du prochain Arrêté PEB

$$\sum L_i \cdot b \cdot \Psi_{e,i} + \sum b \cdot X_{e,i}$$

Jusqu'à présent,
 $H_{T,junction}$ était nul

Unités PEB						
Nom	U	K	Ew	Es	V	S
Unité PEB	32	60	108			
Volume K						
Calcul						
Niveau K						32,00
Ht. construction (W/K)						150,05
Ht. junction (W/K)						0,00
Ht (W/K)						150,05

1. Introduction

Cadre réglementaire

Le résultat final est bien influencé par les noeuds constructifs.

Exemple après leur encodage dans le logiciel PEB :
tous les noeuds constructifs sont PEB-conformes

Nom	U	K	E _w	E _s	V	S
Unité PEB	✓	32	60	108	✓	✓
Volume K						
Calcul						
Niveau K		32,00				
Ht construction (W/K)		150,05				
Ht junction (W/K)		0,00				
Ht (W/K)		150,05				

Nom	U	K	E _w	E _s	V	S
Unité PEB	✓	35	64	119	✓	✓
Volume K						
Calcul						
Niveau K		35,00				
Ht construction (W/K)		144,55				
Ht junction (W/K)		21,37				
Ht (W/K)		165,92				

Influence sur les valeurs suivantes

- Niveau K → + 3 pts
 - Niveau E_w → + 4 pts
 - Consommation spécifique E_{spec} → + 11 kWh/m²an
 - l'indicateur de surchauffe (+1%) → 0 %
- pour cet exemple :

26

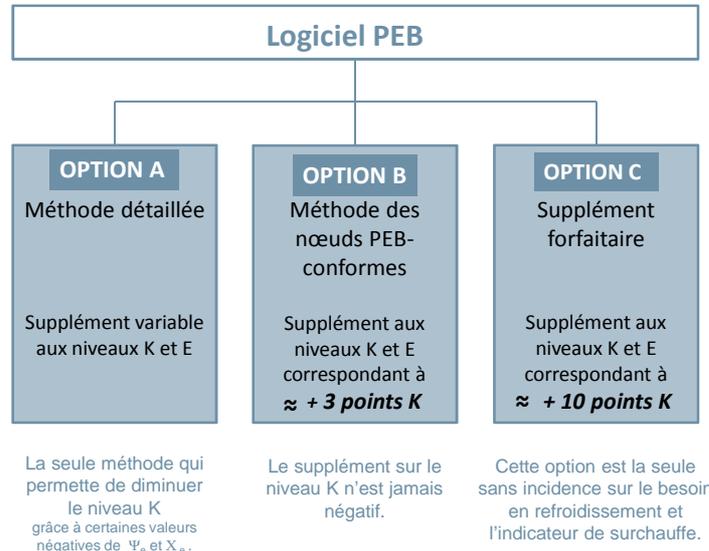
1. Introduction

Cadre réglementaire

Depuis le 1^{er} juin 2012,
 il faut tenir compte des pertes via ces raccords (H_T junctions)

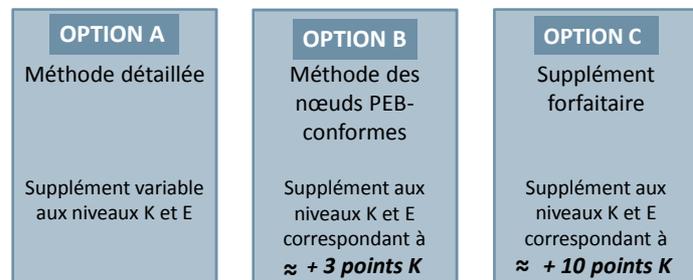
27

Les 3 options ont des impacts différents.



Les 3 options n'agissent **pas directement sur le niveau K** mais **augmentent les pertes par transmission H_T** .

Si **toutes les parois** concernées par le calcul du H_T sont en contact avec **l'extérieur**, ce supplément portera le niveau K à une valeur d'**exactement + 3** (option B et tous les nœuds sont PEB conformes) ou **exactement + 10** (option C).



Si certaines de ces parois sont en contact avec un EANC, le sol, une cave ou un vide sanitaire, un facteur de réduction intervient et le niveau K augmente alors d'une valeur inférieure à +3 ou +10.

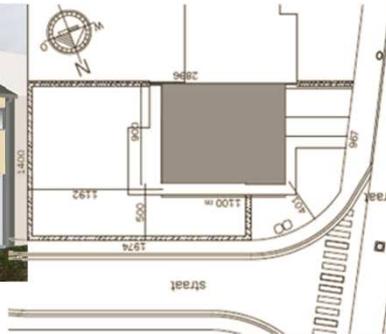
1. Introduction

Comparaison des 3 options

30

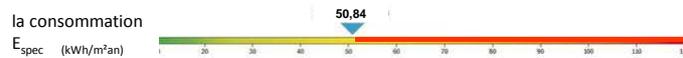
1. Introduction

Habitation 3 façades



Volume protégé = 480 m³
Surface de déperdition = 340 m²
Compacité = 1,41 m

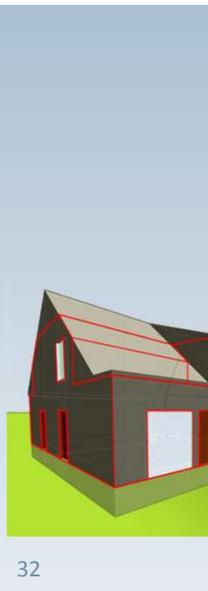
La prise en compte des noeuds constructifs influence :



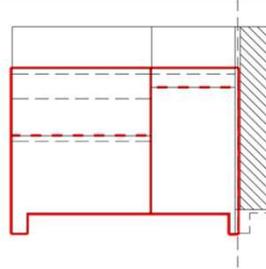
31

1. Introduction

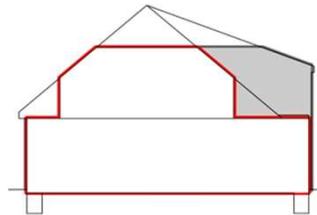
Volume protégé



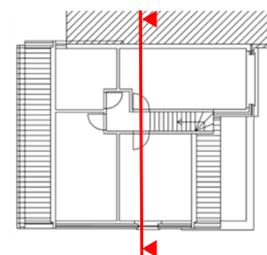
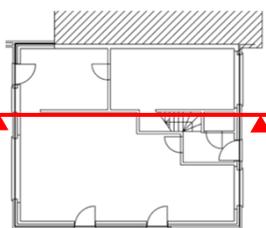
32



rez-de-chaussée



1er étage

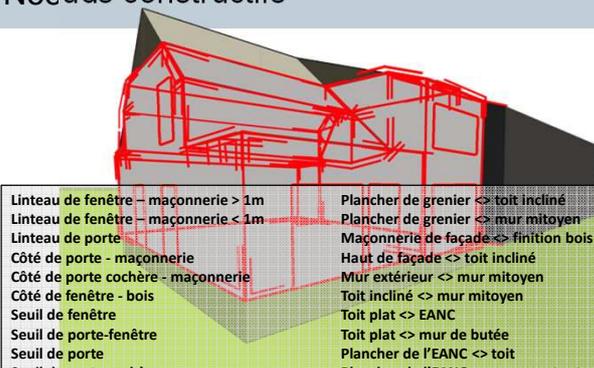


1. Introduction

Noeuds constructifs



33



- | | |
|--|--|
| <p> Linteau de fenêtre – maçonnerie > 1m
 Linteau de fenêtre – maçonnerie < 1m
 Linteau de porte
 Côté de porte - maçonnerie
 Côté de porte cochère - maçonnerie
 Côté de fenêtre - bois
 Seuil de fenêtre
 Seuil de porte-fenêtre
 Seuil de porte
 Seuil de porte cochère
 Fondation maçonnerie
 Fondation mur bois
 Angle extérieur de murs
 Plancher EANC <> façade
 Rive de toit plat
 Cloison de combles <> façade
 Haut de mur maçonnerie <> toit incliné
 Haut de mur bois <> toit incliné
 Plancher de grenier <> façade bois
 Plancher de grenier <> façade maçonnerie </p> | <p> Plancher de grenier <> toit incliné
 Plancher de grenier <> mur mitoyen
 Maçonnerie de façade <> finition bois
 Haut de façade <> toit incliné
 Mur extérieur <> mur mitoyen
 Toit incliné <> mur mitoyen
 Toit plat <> EANC
 Toit plat <> mur de butée
 Plancher de l'EANC <> toit
 Plancher de l'EANC <> mur montant
 Cloison de combles <> façade bois
 Toit de l'EANC <> façade bois
 Toit incliné <> façade bois
 Cloison de combles <> toit incliné
 Raccord fenêtre de toiture
 Mur de l'étage <> plancher du grenier
 Mur de l'étage <> toit incliné
 Mur de l'étage <> cloison de combles
 ... </p> |
|--|--|

38 types de nœuds constructifs !

Lorsque le toit incliné délimite le volume protégé



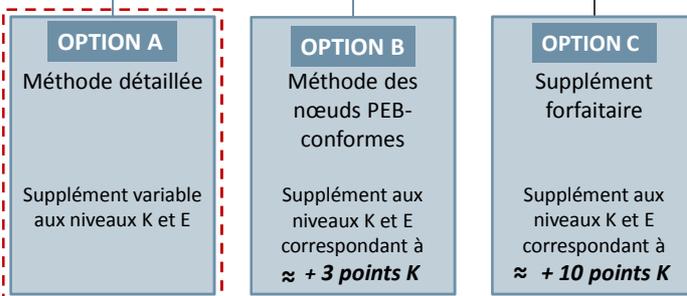
<p> Linteau de fenêtre - maçonnerie > 1m Linteau de fenêtre - maçonnerie < 1m Linteau de porte Côté de porte - maçonnerie Côté de porte cochère - maçonnerie Côté de fenêtre - bois Seuil de fenêtre Seuil de porte-fenêtre Seuil de porte Seuil de porte cochère Fondation maçonnerie Fondation mur bois Angle extérieur de murs Plancher EANC ↔ façade Rive de toit plat Cloison de combles ↔ façade Haut de mur maçonnerie < toit incliné Haut de mur bois < toit incliné Plancher de grenier ↔ façade bois Plancher de grenier ↔ façade maçonnerie </p>	<p> Plancher de grenier ↔ toit incliné Plancher de grenier ↔ mur mitoyen Maçonnerie de façade ↔ finition bois Haut de façade < toit incliné Mur extérieur < mur mitoyen Toit incliné < mur mitoyen Toit plat < EANC Toit plat < mur de butée Plancher de l'EANC ↔ toit Plancher de l'EANC ↔ mur montant Cloison de combles ↔ façade bois Toit de l'EANC ↔ façade bois Toit incliné < façade bois Cloison de combles ↔ toit incliné Raccord fenêtre de toiture Mur de l'étage ↔ plancher du grenier Mur de l'étage < toit incliné Mur de l'étage ↔ cloison de combles ... </p>
--	--

34

De 38 à 24 nœuds constructifs

+ : volumétrie plus simple
 - : volume à chauffer plus grand

Logiciel PEB



35

1. Introduction

Méthode détaillée

Tous les nœuds constructifs sont

- à répertorier
- à mesurer en longueur
- à calculer ou valeur par défaut
- à encoder dans le logiciel

Linteau de fenêtre - maçonnerie > 1m	Plancher de grenier <-> toit incliné
Linteau de fenêtre - maçonnerie < 1m	Plancher de grenier <-> mur mitoyen
Linteau de porte	Maçonnerie de façade <-> finition bois
Côté de porte - maçonnerie	Haut de façade <-> toit incliné
Côté de porte cochlère - maçonnerie	Mur extérieur <-> mur mitoyen
Côté de fenêtre - bois	Toit incliné <-> mur mitoyen
Seuil de fenêtre	Toit plat <-> EANC
Seuil de porte-fenêtre	Toit plat <-> mur de bout
Seuil de porte	Plancher de FEANC <-> toit
Seuil de porte cochlère	Plancher de FEANC <-> mur montant
Fondation maçonnerie	Cloison de combles <-> façade bois
Fondation mur bois	Toit de FEANC <-> façade bois
Angle extérieur de murs	Toit incliné <-> façade bois
Plancher EANC <-> façade	Cloison de combles <-> toit incliné
Rive de toit plat	Raccord fenêtre de toiture
Cloison de combles <-> façade	Mur de fûtage <-> plancher du grenier
Rive de toit incliné	Mur de fûtage <-> toit incliné
Haut de mur maçonnerie <-> toit incliné	Mur de fûtage <-> cloison de combles
Haut de mur bois <-> toit incliné	...
Plancher de grenier <-> façade bois	...
Plancher de grenier <-> façade maçonnerie	...



36

— Laborieux
 pour cet exemple :
 ≥ 206 m de nœuds constructifs à relever
 ≥ 55 longueurs à mesurer
 ≥ 39 Ψ et χ à calculer en détail
 via autre logiciel agréé par la Wallonie
 + encoder dans le logiciel

+ Précis
+ Bons détails récompensés, Mauvais détails pénalisés

1. Introduction

Méthode détaillée

OPTION

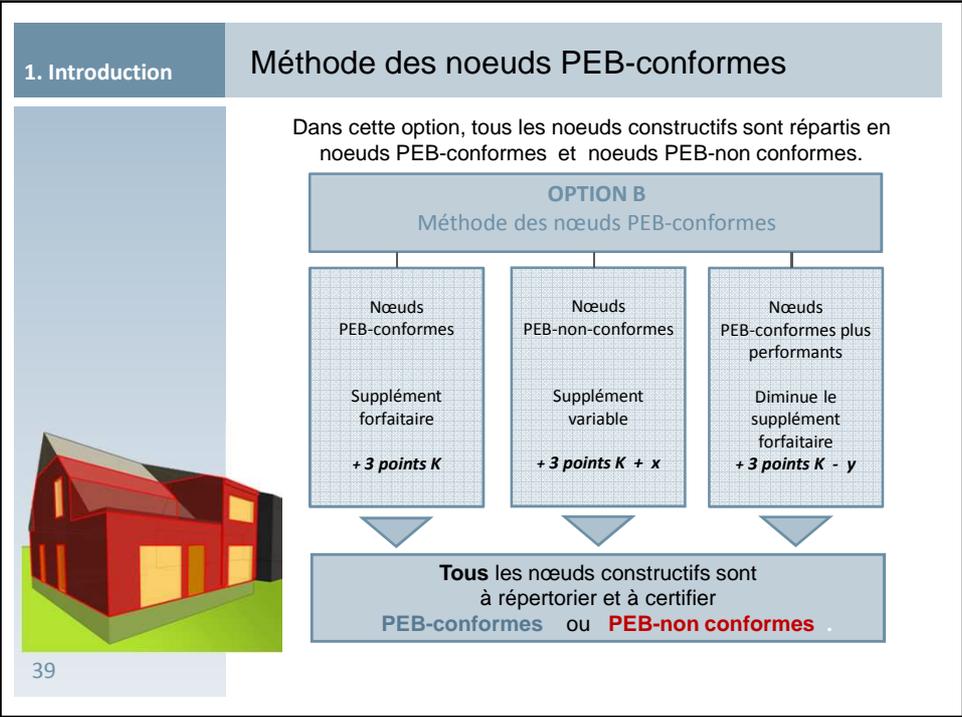
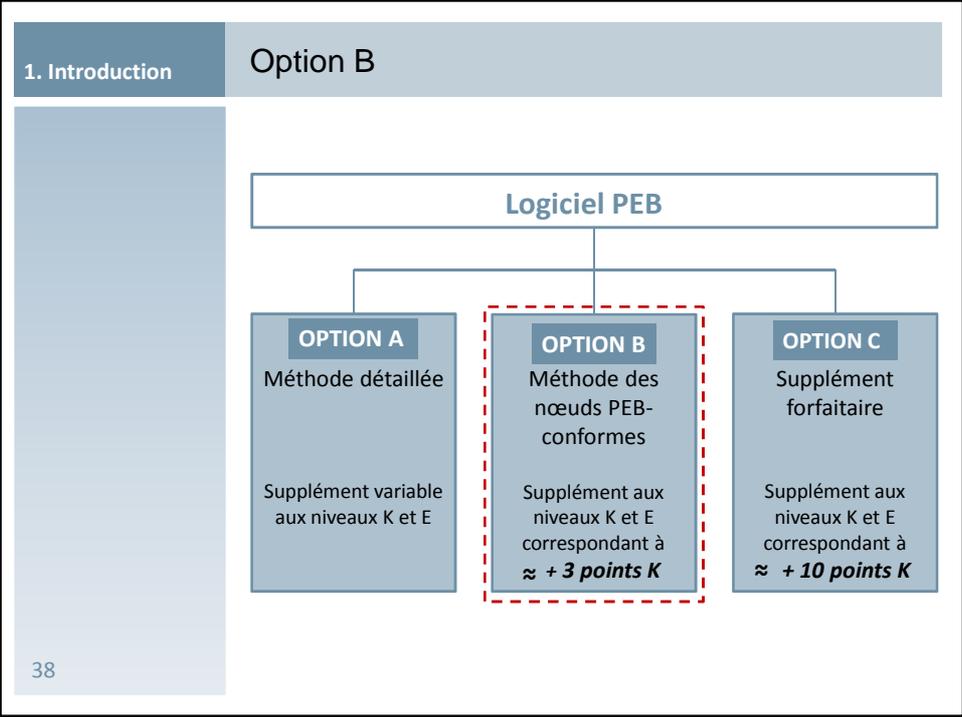
		Niveau K		
		K	supplément $\Delta K_{\text{nœuds constructifs}}$	
		Tot. = forfaitaire + variable		
sans nœud constructif	41	0	= 0	+ 0
Méthode détaillée	44	2,7	= 0	+ 2,7



37

L'influence de tous les nœuds constructifs, calculés séparément et en détail, est de + 2,7 points sur le niveau K, arrondi à l'unité → **+3 points sur le niveau K.**

Une simplification existe en recourant à des valeurs par défaut pour Ψ_e et X_e .
 Toutefois, dans cet exemple, avec les valeurs par défaut, le supplément est de + 11,6 points sur le niveau K, → **+12 points sur le niveau K !**



1. Introduction **Méthode des nœuds PEB-conformes**

1° cas : TOUS les nœuds constructifs sont PEB-conformes

OPTION B
Méthode des nœuds PEB-conformes

Nœuds PEB-conformes Supplément forfaitaire	Nœuds PEB-non-conformes Supplément variable	Nœuds PEB-conformes plus performants Diminue le supplément forfaitaire
---	--	---

Pas de calcul, ni d'encodage dans le logiciel



40

niveau K + 3 points

1. Introduction **Méthode des nœuds PEB-conformes**

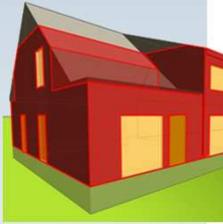
2° cas : quelques nœuds constructifs sont PEB-non conformes

OPTION B
Méthode des nœuds PEB-conformes

Nœuds PEB-conformes Supplément forfaitaire	Nœuds PEB-non-conformes Supplément variable	Nœuds PEB-conformes plus performants Diminue le supplément forfaitaire
---	--	---

I
d
e
m

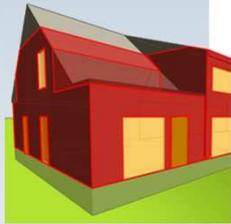
- à répertorier
- à mesurer en longueur
- à calculer ou valeur par défaut
- à encoder dans le logiciel



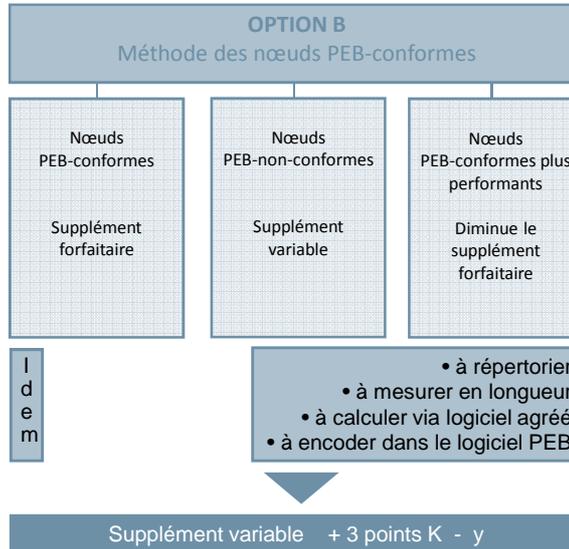
41

Supplément variable + 3 points K + x

3° cas : quelques nœuds constructifs sont PEB plus performants



42



Tous les nœuds constructifs sont à répertorier mais seuls ceux qui sont non-conformes PEB sont

- à mesurer en longueur
- à calculer ou valeur par défaut
- à encoder dans le logiciel

Linteau de fenêtre - maçonnerie > 1m	Plancher de grenier <-> toit incliné
Linteau de fenêtre - maçonnerie < 1m	Plancher de grenier <-> mur milieu
Linteau de porte	Maçonnerie de façade <-> finition bois
Côté de porte - maçonnerie	Haut de façade <-> toit incliné
Côté de porte cochère - maçonnerie	Mur extérieur <-> mur milieu
Côté de fenêtre - bois	Toit incliné <-> mur milieu
Seuil de fenêtre	Toit plat <-> SANC
Seuil de porte-fenêtre	Toit plat <-> mur de butée
Seuil de porte	Plancher de FEANC <-> toit
Seuil de porte cochère	Plancher de FEANC <-> mur montant
Fondation maçonnerie	Cloison de combles <-> façade bois
Fondation mur bois	Toit de FEANC <-> façade bois
Angle extérieur de murs	Toit incliné <-> façade bois
Plancher SANC <-> façade	Cloison de combles <-> toit incliné
Rive de toit plat	Raccord fenêtre de toiture
Cloison de combles <-> façade	Mur de fûtage <-> plancher de grenier
Haut de mur maçonnerie <-> toit incliné	Mur de fûtage <-> toit incliné
Haut de mur bois <-> toit incliné	Mur de fûtage <-> cloison de combles
Plancher de grenier <-> façade bois	-
Plancher de grenier <-> façade maçonnerie	-



43

- +
Moins laborieux
 pour cet exemple :
 ≥ 23 m de nœuds constructifs à relever
 ≥ 4 longueurs à mesurer
 ≥ 6 Ψ et χ à calculer en détail
 + encoder dans le logiciel
- **Moins précis** (que la méthode détaillée)
- +
Bons détails récompensés, Mauvais détails pénalisés



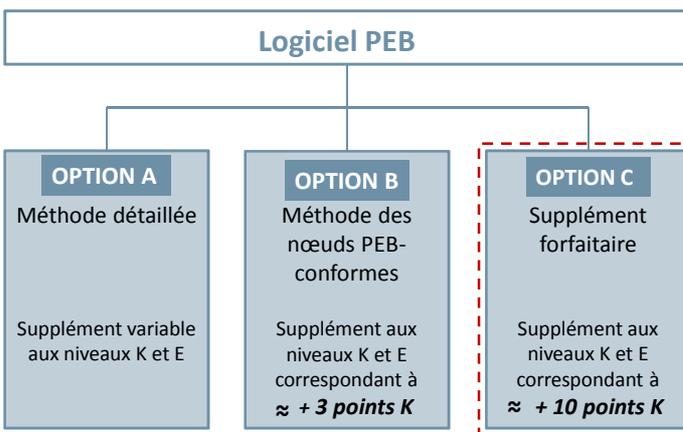
44

OPTION	Niveau K		
	K	supplément $\Delta K_{\text{nœuds constructifs}}$	
		Tot. = forfaitaire + variable	
sans nœud constructif	41	0	= 0 + 0
Noeuds PEB conformes	par défaut	46	4,8 = 3 + 1,8
	calculés	44	3,1 = 3 + 0,1

L'influence de tous les nœuds constructifs,

- a) nœuds PEB-conformes : + 3 points K forfaitaire
- b) incidence de tous les nœuds PEB-non conformes :

- avec valeurs par défaut + 1,8 points K → + 5 points K K46
- prise en compte détaillée + 0,1 point K → + 3 points K K44



45

1. Introduction

Supplément forfaitaire

Aucun nœud constructif n'est à répertorier

Niveau de fenêtre - maçonnerie > 1m	Plancher de grenier <> toit incliné
Linteau de fenêtre < maçonnerie < 1m	Plancher de grenier <> mur mitoyen
Linteau de porte	Maçonnerie de façade <> finition
Côté de porte - maçonnerie	Haut de façade <> toit incliné
Côté de porte cochlère - maçonnerie	Mur extérieur <> mur mitoyen
Côté de fenêtre - bois	Toit incliné <> mur mitoyen
Seuil de fenêtre	Toit plat <> FA
Seuil de porte-fenêtre	Toit plat <> de tubulo
Seuil de porte	Plancher de FEANC <> toit
Seuil de porte cochère	Plancher de FEANC <> mur montant
Fondation maçonnerie	Cloison de combles <> façade bois
Fondation mur bois	Toit <> FEANC <> façade bois
Angle extérieur de murs	Toit incliné <> façade bois
Plancher FEANC <> façade	Cloison de combles <> toit incliné
Rive de toit plat	Raccord fenêtre de menuiserie
Cloison de combles <> façade	Mur de fûtage <> plancher du grenier
Haut de mur maçonnerie <> toit incliné	Mur de fûtage <> toit incliné
Haut de mur <> toit incliné	Mur de fûtage <> cloison de combles
Plancher de grenier <> façade bois	-
Plancher de grenier <> façade maçonnerie	-



46



Pas de travail d'encodage

0 m de nœuds constructifs à relever
pas de longueur à mesurer
pas de valeurs Ψ et χ à calculer
Rien à encoder dans le logiciel

Pas précis

Supplément pénalisant : + 10 points K

1. Introduction

Supplément forfaitaire

OPTION

		Niveau K		
		K	supplément $\Delta K_{\text{nœuds constructifs}}$	
		Tot. = forfaitaire + variable		
sans nœud constructif	41	0	=	0 + 0
Supplément forfaitaire	51	10	=	10 + 0



47

L'influence de tous les nœuds constructifs

=

+ 10 points K forfaitaires

1. Introduction		Comparaison des 3 options			
Méthode	évaluation nœuds constructifs Ψ et χ		quantités		
			simulations	longueurs	nombre
Méthode détaillée	tous	calculés	39	55	206
Nœuds PEB-conformes	PEB-non conformes	par défaut	0	4	23
	PEB-non conformes	calculés	6	4	23
Supplément forfaitaire	aucun	-	0	0	0



48

1. Introduction		Comparaison des 3 options			
Méthode	évaluation nœuds constructifs Ψ et χ		niveau K		
			K	supplément $\Delta K_{\text{nœuds constructifs}}$	
Sans nœud constructif			41	0 = 0 +	0
Méthode détaillée	tous	calculés	44	2,7 = 0 +	2,7
Nœuds PEB conformes	PEB-non conformes	par défaut	46	4,8 = 3 +	1,8
	PEB-non conformes	calculés	44	3,1 = 3 +	0,1
Supplément forfaitaire	aucun	-	51	10 = 10 +	0



49

1. Introduction

Comparaison des 3 options



50

Méthode	travail	précision	niveau K	niveau K
Méthode détaillée	beaucoup	élevée	bas	44
Noeuds PEB conformes	^	^	∇	44 ou 46
Supplément forfaitaire	peu	faible	élevé	51

1. Introduction

Choix de la méthode

La méthode de calcul des noeuds constructifs peut être choisie librement parmi une des 3 possibilités présentées mais elle doit être la même pour chaque volume K.

51