



## « Gestion durable de l'énergie dans les bâtiments »

### Approche PEB (RBC/RW)

### Questions d'enveloppe du bâtiment

Adeline DE MEYER\*\*,  
Géraldine DUPONT\*,  
Véronique FELDHEIM\*\*,  
Jean-Marie HAUGLUSTAIN\*,  
Stéphane MONTFILS\*,  
Stéphanie NOURRICIER\*\*

\* ULG \*\*UMONS

Bruxelles, 25/10/2010



Formation Continue 2010



## UMONS - Faculté Polytechnique

<http://www.umons.ac.be>

- Créée en 1837 par le Conseil Provincial du Hainaut (la plus ancienne école d'ingénieurs de Belgique).
- En 1920, elle est reconnue officiellement comme institution universitaire indépendante.
- En 1935, elle adopte définitivement le nom de Faculté Polytechnique de Mons.
- En 2004, création de l'Académie Universitaire Wallonie - Bruxelles, qui associe l'ULB, l'UMH et la FPMs
- En 2009, fusion avec l'UMH (Université de Mons Hainaut) pour former l'UMONS (Université de Mons)



25-10-2010/PEB/enveloppe/2



## UMONS - Faculté Polytechnique

- Une des 4 Facultés des Sciences appliquées de la Communauté Française Wallonie-Bruxelles
- Université de la Communauté française de Belgique
  - Équilibre entre étudiants originaires de l'enseignement libre et de l'enseignement officiel
  - Représentative du milieu social au sein duquel elle est intégrée
- 1100 étudiants en **Sciences de l'Ingénieur**
- 65 enseignants, 150 scientifiques, 80 techniciens et administratifs

Activités de recherches regroupées au sein de 5 pôles de recherche:

- Technologies de l'information
- Matériaux
- **Energie**
- Risques naturels et technologiques
- Biosystèmes et biosignaux (BIOSYS)



25-10-2010/PEB/enveloppe/3



## UMONS - Faculté Polytechnique

Pourquoi la Polytech?

- Formation des ingénieurs civils architectes (thermique des bâtiments, climatisation des bâtiments, systèmes thermodynamiques pour le confort des bâtiments, énergie solaire,...)
- Implication dans la démarche P.E.B.
  - Collaboration avec l'Ulg: analyse de la méthode PEB – évaluation d'un critère complémentaire pour la surchauffe...
  - Participation à l'action « Construire avec l'Energie »
  - Elaboration de l'outil simplifié (feuille Excel) pour le calcul du niveau E (collaboration Ulg – FPMs)
  - Participation au programme de recherche EPICOOOL (évolution de la méthode PEB pour le calcul des besoins de froid et l'étude de la surchauffe)
  - ...
- Hébergement de la Plateforme Maison Passive asbl



25-10-2010/PEB/enveloppe/4



## Le point sur la formation

	Introduction	Module 1 Bâtiment
04/10/10	X	
11/10/10	X	
18/10/10		Bioclimatique du bâtiment – Approche PEB
25/10/10		PEB – enveloppe
08/11/10		PEB – ventilation
15/11/10		PEB – chauffage, ER
22/11/10		PEB – refroidissement, auxiliaires, éclairage
29/11/10		PEB : procédures – formulaires Approche réglementaire
06/12/10		X
13/12/10		X
20/12/10		X

 25-10-2010/PEB/enveloppe/5



## LA P.E.B.

Programme général:

• **Jour 1:**

**Définition de la P.E.B.**

**Questions d'enveloppe du bâtiment**

• **Jour 2:**

L'étanchéité à l'air et la ventilation

• **Jour 3:**

Le chauffage et les installations – le solaire thermique et photovoltaïque

• **Jour 4:**

Problématique des surchauffes – refroidissement – consommation des auxiliaires

L'éclairage

 25-10-2010/PEB/enveloppe/6



## LA P.E.B.

Organisation de l'après-midi :

- Etat des lieux et problématisation
- *Contenu réglementation PEB, objectifs, références*
- Rappels théoriques, questions techniques, calcul de paramètres
- Relations à l'outil PEB: résultats, utilisation du logiciel PEB (version RW !)
- Mise en pratique sur deux cas « fil rouge »: résidentiel (maison) *et tertiaire (école)*

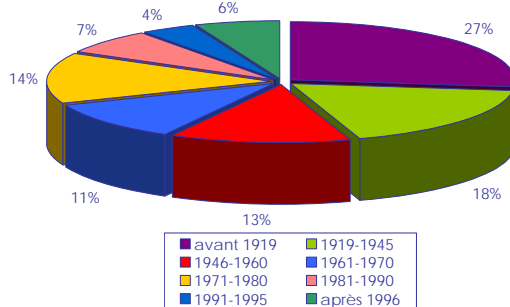
25-10-2010/PEB/enveloppe/7



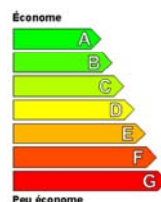
## Etat des lieux - problématisation

Les wallons consomment 43% de plus que la moyenne de l'UE des 15 (2004).  
Le secteur du logement représente le ¼ de la consommation totale d'énergie primaire en Wallonie (2004).

Age du logement en Wallonie



En Belgique : 30% émissions de gaz à effet de serre → logements  
& 62 % des habitations construites avant 1970



25-10-2010/PEB/enveloppe/8



## Etat des lieux - problématisation

- Protocole de Kyoto (1990) : réduction des émissions de gaz à effet de serre

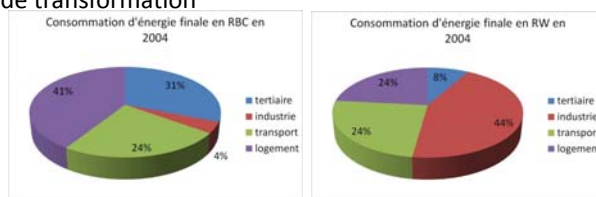
Engagement de la Belgique de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 7.5% pour 2010 par rapport à ses émissions de 1990.

- Développement Durable : assurer l'approvisionnement d'énergie à long terme

→ Amélioration de l'offre énergétique

→ Améliorer les technologies de transformation

→ Diminuer la demande

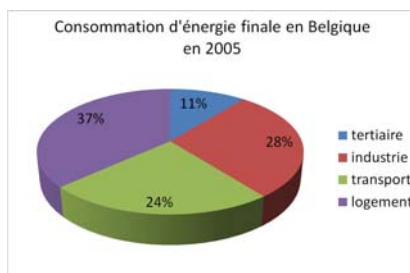


Consommation finale d'énergie = consommation apparente brute d'énergie primaire après déduction des activités de transformation et des pertes d'énergie (baisse de 2.2% en 2005)

25-10-2010/PEB/enveloppe/9

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Etat des lieux - problématisation



Une des mesures de réduction de la consommation d'énergie en Europe

→ La Directive Européenne 2002/91/CE sur la  
Performance Énergétique des Bâtiments

Source des chiffres: [www.mineco.fgov.be](http://www.mineco.fgov.be)

25-10-2010/PEB/enveloppe/10

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Objectifs de la directive


Diminuer le gaspillage énergétique

Améliorer la performance énergétique

- = diminuer la dépendance énergétique de la Région Wallonne
- = limiter les émissions de CO<sub>2</sub>
- = améliorer la compétitivité des entreprises
- = réduire la charge financière pour les faibles revenus

Or, dans la Communauté Européenne, les secteurs résidentiel et tertiaire représentent 40% de la consommation finale d'énergie et sont en expansion.

Une étude préalable à cette directive a montré qu'il était possible de réduire de 22% la consommation actuelle d'énergie nécessaire au chauffage, à l'eau chaude, à l'éclairage et à la climatisation d'ici 2010...

 25-10-2010/PEB/enveloppe/11

## Mise en œuvre en Belgique


Directive → publiée en janvier 2003

Transposition en droit national → janvier 2006

**En Flandre :** Arrêtés (méthode de calcul) publiés en juin 2005  
Application depuis janvier 2007

**En RBC :** Ordonnance relative à la PEB publiée au moniteur en juillet 2007  
Plusieurs arrêtés transposent l'OPEB  
Application depuis juillet 2008

**En Wallonie :** Décret adopté et voté au gouvernement en avril 2007  
Arrêtés publiés en avril 2008, juin 2009, ...  
Application au 1<sup>er</sup> mai 2010

 25-10-2010/PEB/enveloppe/12

## La PEB pour les bâtiments neufs

Les exigences en Région wallonne (bâtiments résidentiels):

A partir de septembre 2008 :

- Un niveau d'isolation thermique globale  $K < K45$
- Respect de la norme NBN D50-001 (logements) + exigences de débits

A partir de septembre 2009 :

- Un niveau d'isolation thermique globale  $K < K45$
- Un niveau de consommation en énergie primaire  $E \leq 100$
- Une consommation totale en énergie primaire  $\leq 170 \text{ kWh/m}^2_{\text{plancher chauffé}} \text{ an}$
- Un risque de surchauffe modéré : degrés-heures  $< 17\,500 \text{ Kh}$

25-10-2010/PEB/enveloppe/13



## La PEB pour les bâtiments neufs et assimilés

Les exigences en Région wallonne

Exigences	Bâtiments résidentiels : habitations individuelles, immeubles à appartements et logements collectifs	Immeubles de bureaux et de services, bâtiments destinés à l'enseignement	Bâtiments ayant une autre destination : hôpitaux, commerces, horeca, installations sportives, ...	Bâtiments industriels
Isolation thermique	K45 - Valeurs $U_{\text{max}}$	K45 - Valeurs $U_{\text{max}}$	K45 - Valeurs $U_{\text{max}}$	K55 - Valeurs $U_{\text{max}}$
Ventilation	Dispositif de ventilation pour les bâtiments résidentiels	Dispositifs de ventilation pour les bâtiments <u>non</u> résidentiels		-
Niveau Ew	$\leq 100$	$\leq 100$	-	-
Consommation d'énergie primaire	$< 170 \text{ kWh/m}^2 \text{ an}$	-	-	-
Surchauffe	$< 17500 \text{ Kh/an}$	-	-	-

Depuis le 1er mai 2010

25-10-2010/PEB/enveloppe/14



## La PEB pour les bâtiments rénovés

### Les exigences en Région wallonne

Exigences	Bâtiments résidentiels : habitations individuelles, immeubles à appartements et logements collectifs	Immeubles de bureaux et de services, bâtiments destinés à l'enseignement	Bâtiments ayant une autre destination : hôpitaux, commerces, horeca, installations sportives, ...	Bâtiments industriels
Isolation thermique	Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	-
Ventilation	Dispositif d'aménée d'air dans les locaux où les châssis sont remplacés	Dispositif d'aménée d'air dans les locaux où les châssis sont remplacés		-

25-10-2010/PEB/enveloppe/15



## La PEB pour les bâtiments changeant d'affectation

### Les exigences en Région wallonne

Exigences	DESTINATION FINALE :			
	Bâtiments résidentiels : habitations individuelles, immeubles à appartements et logements collectifs	Immeubles de bureaux et de services, bâtiments destinés à l'enseignement	Bâtiments ayant une autre destination : hôpitaux, commerces, horeca, installations sportives, ...	Bâtiments industriels
Isolation thermique	K65 - Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	K65 - Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	K65 - Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	K65 - Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés
Ventilation	Dispositif de ventilation pour les bâtiments résidentiels	Dispositifs de ventilation pour les bâtiments <u>non</u> résidentiels		-

avec ou sans travaux, visés à l'article 549 § 1 de l'AGW du 17 avril 2008

25-10-2010/PEB/enveloppe/16





# La PEB pour les bâtiments industriels changeant d'affectation

Les exigences en Région wallonne

Exigences	DESTINATION FINALE :			
	Bâtiments résidentiels : habitations individuelles, immeubles à appartements et logements collectifs	Immeubles de bureaux et de services, bâtiments destinés à l'enseignement	Bâtiments ayant une autre destination : hôpitaux, commerces, horeca, installations sportives, ...	Bâtiments industriels
Isolation thermique	K65 - Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	K65 - Valeurs $U_{max}$ pour les éléments neufs et modifiés	-	-
Ventilation	Dispositif de ventilation pour les bâtiments résidentiels	Dispositifs de ventilation pour les bâtiments non résidentiels	-	-

article 549 § 2 de l'AGW du 17 avril 2008

25-10-2010/PEB/enveloppe/17



# La PEB pour les bâtiments neufs

Les exigences en Région Bruxelles capitale:

- Juillet 2008: entrée en vigueur pour les bâtiments neufs et les bâtiments rénovés
- certification des bâtiments dans le cadre de transactions immobilières et installations techniques
- Installations techniques PEB : réforme à partir de janvier

• A partir du 2 juillet 2008, entre autres:

- Un niveau de consommation en énergie primaire  $E \leq 90$
- Un risque de surchauffe modéré : degrés-heures  $< 17\ 500\ Kh$
- Un niveau d'isolation thermique globale  $K \leq K40$  (habitations individuelles, résidentiel commun) et  $K \leq K45$  (bureaux et services, enseignement)

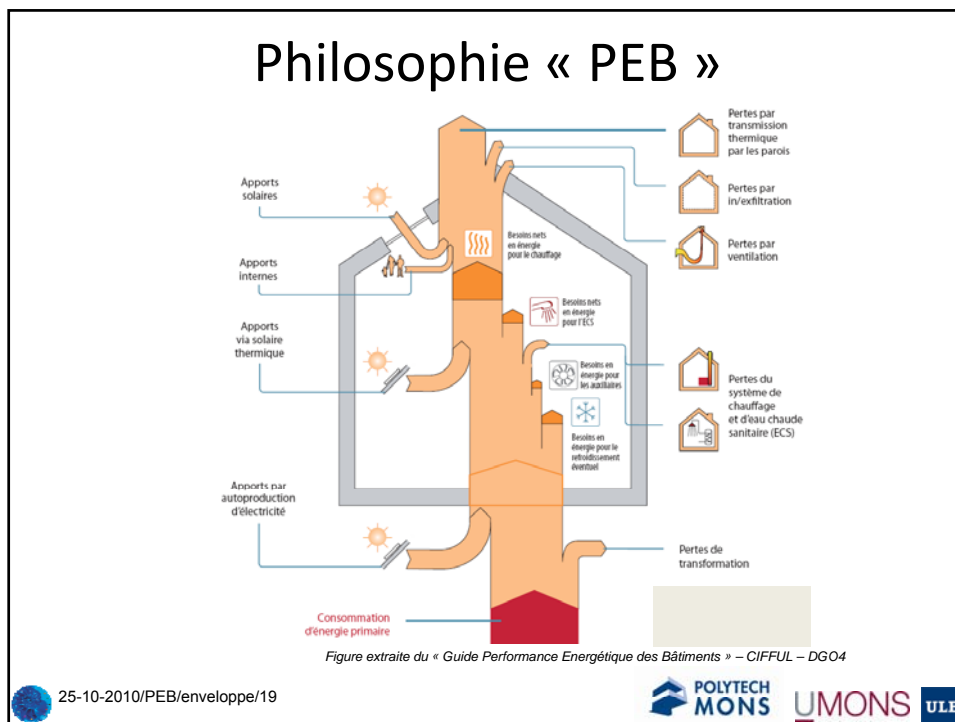
• Les arrêtés d'exécution (mise au point des procédures, exigences, méthodes de calcul) sont disponibles sur le site de l'IBGE :

[http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF\\_Energie\\_Exigences\\_PEB\\_FR.PDF?langtype=2060](http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF_Energie_Exigences_PEB_FR.PDF?langtype=2060)

• Le calcul est effectué avec le logiciel EPB flamand modifié et traduit. Sous peu, le logiciel développé pour la RW sera mis à jour et permettra d'encoder des projets pour la RBC.

25-10-2010/PEB/enveloppe/18





## Le niveau E

Le niveau de consommation d'énergie primaire :

$$E = \frac{E_{\text{prim,est.}}}{E_{\text{prim,ref}}} \times 100$$

La consommation annuelle d'énergie primaire estimée ou réelle (numérateur) pour les **bâtiments résidentiels** :

$$E_{\text{prim,est}} = \sum_{12 \text{ mois}} (E_{\text{prim,heat,m}} + E_{\text{prim,ECS,m}} + E_{\text{prim,aux,m}} + E_{\text{prim,cool,m}} - E_{\text{prim,pv,m}} - E_{\text{prim,cogen,m}})$$

↑  
Chauffage

↑  
Eau chaude sanitaire

↑  
Auxiliaires

↑  
Refroidissement  
Peut ≠ 0 même sans installation de climatisation

↑  
Photovoltaïque

↑  
Cogénération

25-10-2010/PEB/enveloppe/20

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Le niveau E

La consommation annuelle d'énergie primaire estimée ou réelle (numérateur) pour les **immeubles de bureaux et de services et les bâtiments destinés à l'enseignement**:

$$E_{\text{prim,est}} = E_{\text{p,light}} + \sum_{12 \text{ mois}} (E_{\text{prim,heat,m}} + E_{\text{prim,aux,m}} + E_{\text{prim,cool,m}} - E_{\text{prim,pv,m}} - E_{\text{prim,cogen,m}})$$



25-10-2010/PEB/enveloppe/21



## Etapes principales du calcul

Les besoins **nets**

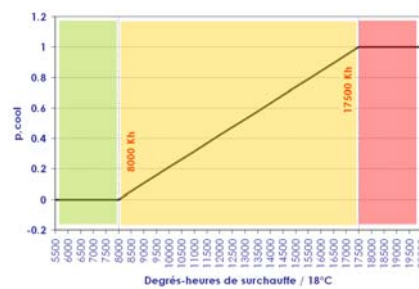
- Chauffage (/ 18°C)

Pertes par transmission

Pertes par ventilation (inétanchéité + volontaire)

Gains internes

Gains solaires



→ Evaluation du risque de surchauffe (/ 18°C) pour les bâtiments résidentiels

*Calcul des gains de chaleur excédentaires*

*Entre 8000 et 17 500 Kh → pénalité en consommation d'énergie de refroidissement*

*Au-delà de 17 500 Kh → amende*

*Calcul de la probabilité d'installation d'un système de refroidissement actif:  $p_{\text{cool}}$*

25-10-2010/PEB/enveloppe/22



## Etapes principales du calcul

- Refroidissement (/ 23°C)

Actif :  $Q_{cool,net} = Q_{gains\ excédentaires,23}$

« Fictif » :  $Q_{cool,net} = p_{cool} \times Q_{gains\ excédentaires,23}$

- Eau chaude sanitaire

Fonction du volume chauffé du bâtiment

### Les besoins bruts

- Systèmes d'émission (chauffage local ou central ; vannes thermostatiques, thermostat, ...)
- Systèmes de distribution (Isolation des conduites)
- Systèmes de stockage (Existence d'un stockage et situation (intérieur / extérieur))

### Les besoins finaux en énergie

- Systèmes de production (Chaudière basse température ; à condensation ; pompe à chaleur ; ...)
- Consommation électrique des auxiliaires de chauffage et de ventilation
- Systèmes solaires thermiques (Préchauffage solaire de l'ECS et/ou de l'eau de chauffage)



25-10-2010/PEB/enveloppe/23



UMONS

ULB

## Etapes principales du calcul

### Les besoins en énergie primaire

- Choix des combustibles (Fossiles ; électricité ; bois ; ...)
- Déduction de la production d'électricité photovoltaïque, ou de cogénération
- Facteurs de conversion en énergie primaire :
 

- 1 pour les combustibles fossiles	- 1.8 pour l'électricité produite par cogénération
- 2.5 pour l'électricité	- 1 pour la biomasse

### Méthode de calcul :

- Méthode mensuelle
- Basée sur une année climatique de référence
- Proposition de valeurs par défaut, défavorables (étanchéité, protections solaires, efficacité d'installations, ...)
- Intégration de méthodes simplifiées (récupérateur de chaleur sur la ventilation, préchauffage solaire de l'eau chaude sanitaire, le calcul du FPS de PAC, ...)



25-10-2010/PEB/enveloppe/24



UMONS

ULB

## Les valeurs de référence pour E

- Energie primaire de référence « Région flamande et RBC » pour les bâtiments résidentiels :

$$E_{\text{prim,ref,RF}} = c1 \cdot A_T + c2 \cdot V + c3 \cdot q_{\text{ventil,vol,ref}}$$

$q_{\text{ventil,vol,ref}}$  : débit de ventilation volontaire

Une expression unique

Des constantes (c1, c2, c3) issues d'une étude statistique

- Energie primaire de référence « Région wallonne » pour les bâtiments résidentiels :

$$E_{\text{prim,ref,RW}} = [E_{\text{ref,chauffage}} + E_{\text{ref,ECS}} + E_{\text{ref,aux}}] \cdot A_{\text{ch}} \quad [\text{MJ/an}]$$


Une relation explicite en trois termes à calculer séparément

Le terme dédié au chauffage est calculé selon la philosophie du « *be 372* »

Différence fondamentale :

→ Référence wallonne par unité de surface habitable et pas de volume


→  $E_{\text{RF}}$  et  $E_{\text{RW}}$  sensiblement identiques sauf pour les grands volumes pour une même  $A_{\text{ch}}$

 25-10-2010/PEB/enveloppe/25

## Les valeurs de référence pour E

- Isolation: niveau K45
- Ventilation: système mécanique simple flux (type C)
- Etanchéité à l'air: débit de fuite  $v_{50}=8\text{m}^3/\text{hm}^2$
- Chauffage: chaudière mazout basse température (rendement global = 0.728)
- ECS: préparation instantanée (rendement de production = 0.5)
- Apports solaires: surface fenêtres  $0.15 A_{\text{ch}}$  (répartition uniforme N,S,O,E)
- Refroidissement: néant  $p_{\text{cool}}=0$

 25-10-2010/PEB/enveloppe/26

## Les valeurs de référence pour E

- Energie primaire de référence pour les bâtiments non-résidentiels :

$$E_{\text{prim,ref,RF}} = b1 \cdot A_f + b2 \cdot A_T + b3 \cdot \sum_r q_{\text{ventil,min}} + b4 \cdot \sum_r (q_{\text{ventil,r}} - q_{\text{ventil,min,r}}) + b5 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_r [L_{\text{rm,r}}^{0.8} \cdot (t_{\text{day}} + t_{\text{night}}) \cdot A_{f,\text{rm,r}}]$$

$A_f$  : la surface totale d'utilisation du volume protégé

$A_T$  : la surface totale de toutes les parois qui enveloppent le volume protégé

$q_{\text{ventil,min}}$  : le débit d'alimentation minimal de conception de l'espace r tel qu'imposé dans l'annexe VI.

$q_{\text{ventil}}$  : le débit de conception d'alimentation en air neuf de l'espace r pour lequel l'installation a été conçue.

$L_{\text{rm,r}}$  : une variable auxiliaire pour l'espace r (éclairage)

$t_{\text{day}}/t_{\text{night}}$  : le nombre conventionnel d'heures d'utilisation de l'éclairage du secteur énergétique de jour/nuit par an

$A_{f,\text{rm,r}}$  : la surface d'utilisation de l'espace r

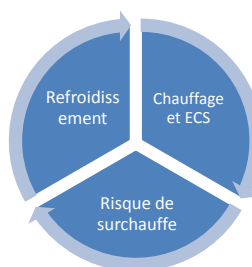
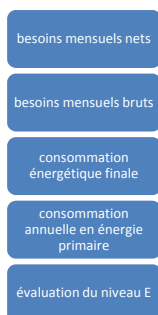
Des constantes : b1, b2, b3, b4, b5 précisées dans l'AGBC du 21 Décembre 2007 ou dans l'AGW du 17 avril 2008.

25-10-2010/PEB/enveloppe/27



## Démarche pédagogique

La PEB, une démarche en 5 étapes:



## L'ENVELOPPE

Théorie du calcul: rappel des bases

Liens avec l'outil PEB

25-10-2010/PEB/enveloppe/28



## Secteurs énergétiques

- Secteur énergétique si:
  - même zone de ventilation (un seul système de ventilation)
  - même système d'émission de chaleur (ou bien on calcule avec le rendement d'émission le plus mauvais)
  - même appareil producteur de chaleur (ou la même combinaison d'appareils producteurs de chaleur)
- Si **différentes installations de ventilation indépendantes** dans des parties fermées du volume global, chacune de ces parties constitue un secteur énergétique.
- Si **coexistence d'un chauffage local** (p.e. électrique) et des éléments d'émission d'un **chauffage central**, on ne tient pas compte du système de chauffage central (SAUF pour les systèmes locaux du type feux ouverts et poêles à bois).
- Si **différents systèmes d'émission** dans différents espaces, subdiviser en secteurs énergétiques (sauf si on fait les calculs avec le rendement d'émission le moins bon).
- Si **plusieurs systèmes de production de chaleur** qui fournissent séparément de la chaleur à différentes parties du volume, subdivision en secteurs énergétiques (sauf si 2 fois la même chaudière).

25-10-2010/PEB/enveloppe/29



## Secteurs énergétiques

Habitation: généralement 1 seul secteur énergétique (un seul système de ventilation et tous les espaces chauffés de la même façon – un seul appareil de production de chaleur)

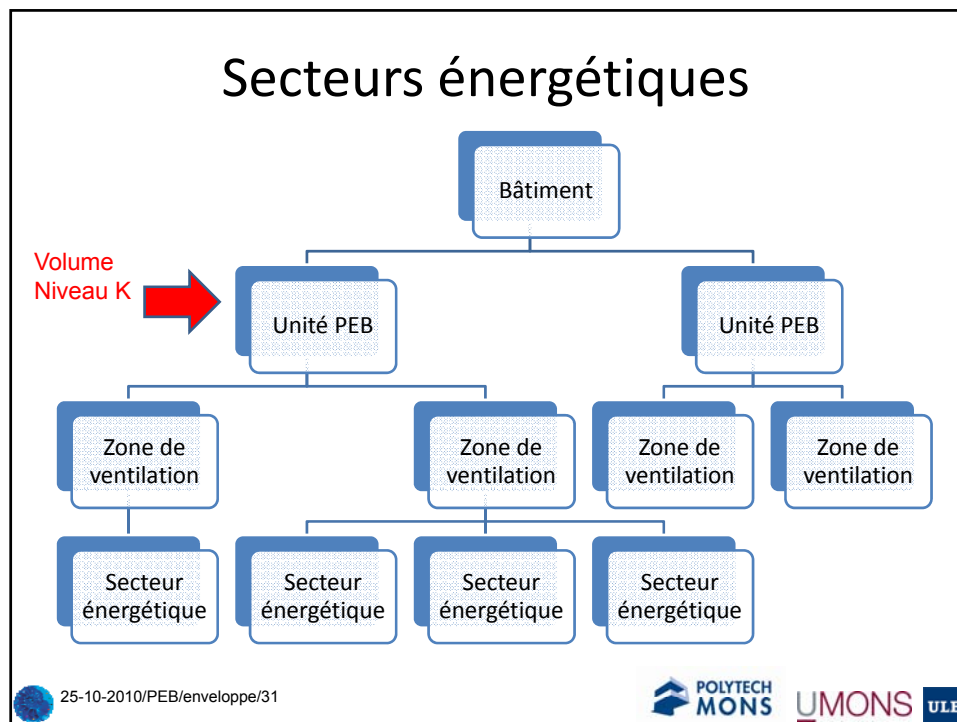
Exemple de cas où il faut faire 2 secteurs: chauffage par pompe à chaleur au rez-de-chaussée et électrique direct à l'étage.



Pour déterminer le volume des secteurs énergétiques  $V_{sec,i}$  ainsi que les surfaces des parois  $A_T$ : se baser sur les DIMENSIONS EXTERIEURES

25-10-2010/PEB/enveloppe/30





## Besoins nets mensuels – chauffage et ECS

### CHAUFFAGE:

Evaluer les besoins nets par **secteur énergétique** pour tous les mois de l'année

→  $Q_t$  mensuelle : déperditions mensuelles totales par transmission

→  $Q_v$  mensuelle : déperditions mensuelles totales par ventilation

→  $Q_{ag}$  : gains mensuels totaux par gains internes et ensoleillement

$$Q_{\text{chaufnet},m} = (Q_{t,m} + Q_{v,m})_{\text{net}} - \eta_{\text{récup}} Q_{ag}$$

### EAU CHAUDE SANITAIRE:

Calcul forfaitaire en fonction du volume

→ Points de puisage des cuisines

→ Douches et/ou baignoires dans les salles de bain



## Déperditions par transmission

*Paramètres d'influence:*

- Composition des parois en contact avec l'extérieur: « U » (W/m<sup>2</sup> K)
- Surface des parois de déperdition : A (m<sup>2</sup>)
- Température intérieure: 18°C (valeur de calcul imposée par la méthode)
- Température extérieure: t<sub>e,m</sub> (température extérieure moyenne - °C, imposée par la méthode)
- Longueur du mois: I<sub>m</sub> (en Ms)

$$Q_{t,m} = U * A * (18 - t_{e,m}) * I_m$$

$$Q_{t,m} = H_t * (18 - t_{e,m}) * I_m$$

H<sub>t</sub>: déperditions calorifiques mensuelles spécifiques par transmission (W/K)

Cloisons à considérer: entre intérieur et extérieur, entre intérieur et sol, entre intérieur et espaces contigus non chauffés

$$H_t = H_{t,ext} + H_{t,sol} + H_{t,int}$$

*Remarque: pour les déperditions par ventilation, H<sub>v</sub> (déperditions calorifiques mensuelles spécifiques par ventilation (W/K))*

$$Q_{t,m} = H_v * (18 - t_{e,m}) * I_m$$



25-10-2010/PEB/enveloppe/33

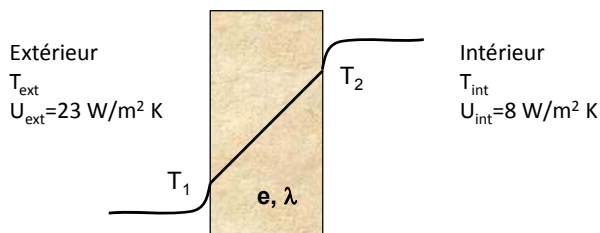


UMONS

ULB

## Rappels théoriques – « U »

Coefficient de déperdition global d'une paroi: « U » exprimé en W/m<sup>2</sup> K



Conservation du flux:

$$\Phi = U_{int} * A * (T_{int} - T_2)$$

$$\Phi = U_{couche} * A * (T_2 - T_1)$$

$$\Phi = U_{ext} * A * (T_1 - T_{ext})$$

$$\Phi = U_{paroi} * A * (T_{int} - T_{ext})$$

$$\frac{1}{U_{paroi}} = \frac{1}{U_{int}} + \frac{1}{U_{couche}} + \frac{1}{U_{ext}}$$

$$U_{couche} = \frac{\lambda}{e}$$



25-10-2010/PEB/enveloppe/34

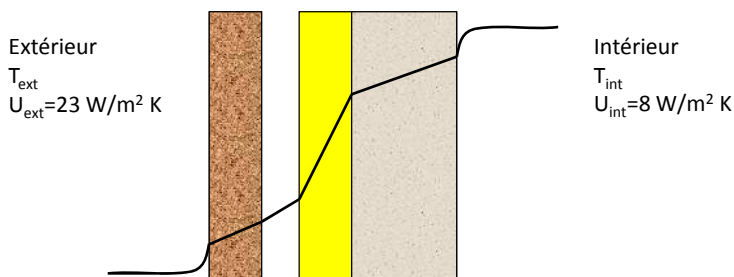


UMONS

ULB

## Rappels théoriques – « U »

Paroi multicouches: structure d'un mur « classique »



$$\Phi = U_{\text{paroi}} * A * (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

$$\frac{1}{U_{\text{paroi}}} = \frac{1}{U_{\text{int}}} + R_{\text{béton}} + \frac{e_{\text{is}}}{\lambda_{\text{is,i}}} + R_{\text{lame air}} + \frac{e_{\text{briques}}}{\lambda_{\text{briques,e}}} + \frac{1}{U_{\text{ext}}}$$

**Remarque:** si lame d'air fortement ventilée → ne pas tenir compte des couches au-delà de la ventilation (bardage, toitures inclinées,...)



25-10-2010/PEB/enveloppe/35

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Résistance thermique de l'air

- lame d'air peu ventilée: prendre la moitié de la valeur pour les lames d'air non-ventilées
- Couche d'air fortement ventilée: négliger  $R_{\text{air}}$  et toutes les autres couches de construction se trouvant entre la couche d'air et l'environnement extérieur.  $R_{\text{se}} \rightarrow R_{\text{si}}$

Épaisseur d de la couche d'air [mm]	Direction du flux thermique		
	ascendant	horizontal <sup>(1)</sup>	descendant
0 < d < 5	0,00	0,00	0,00
5 ≤ d < 7	0,11	0,11	0,11
7 ≤ d < 10	0,13	0,13	0,13
10 ≤ d < 15	0,15	0,15	0,15
15 ≤ d < 25	0,16	0,17	0,17
25 ≤ d < 50	0,16	0,18	0,19
50 ≤ d < 100	0,16	0,18	0,21
100 ≤ d < 300	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

(1) pour un flux thermique qui ne dévie pas de plus de ± 30° du plan horizontal

Tableau 2 - Résistance thermique (en m²K/W) de couches d'air non-ventilées délimitées par des surfaces à émissivité élevée (cas ordinaires)

25-10-2010/PEB/enveloppe/36

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Echanges avec l'ambiance

Sens du flux	Côté extérieur d'une paroi extérieure, soumis au vent : $R_e$	Côté extérieur d'une paroi extérieure, protégé du vent : $R_e = R_i$	Côté intérieur d'une paroi extérieure : $R_i$	Côtés d'une paroi intérieure : $R_i$
Horizontal	0,043	0,125	0,125	0,125
Vertical : de bas en haut	0,043	0,10	0,10	0,10
Vertical : de haut en bas	0,043	0,167	0,167	0,167

Remarque:  $0.043 = 1/23 - 0.125 = 1/8 - 0.167 = 1/6$

Résistances données en  $m^2K/W$

$R_{e1}$ [ $m^2K/W$ ]	Direction du flux de chaleur		
	ascendant	horizontal <sup>(1)</sup>	descendant
$R_{e1}$ [ $m^2K/W$ ]	0,10	0,13	0,17
$R_{e2}$ [ $m^2K/W$ ]	0,04	0,04	0,04

(1) valable pour une direction du flux de chaleur qui ne dévie pas de plus de  $\pm 30^\circ$  du plan horizontal

Tableau 1 - Résistances thermiques d'échange  $R_{e1}$  et  $R_{e2}$  (en  $m^2K/W$ )

25-10-2010/PEB/enveloppe/37



## Les fenêtres



Éléments à considérer:

- Châssis :  $U_{ch}$ ,  $A_{ch}$
- Vitrage :  $U_{vc}$ ,  $A_{vc}$
- Panneau :  $U_p$ ,  $A_p$
- Pièce d'écartement :  $\psi_l$ ,  $l_l$
- Surface de la baie :  $A$

$$U_f = (U_{vc} A_{vc} + U_{ch} A_{ch} + U_p A_p + \psi_l l_l) / A$$

Selon Annexe VII de l'AGW du 17 avril 2008 :

$$\text{Si } U_{vc} \leq U_{ch} : U_f = 0,7 U_{vc} + 0,3 U_{ch} + 3 \psi_l$$

$$\text{Si } U_{vc} > U_{ch} : U_f = 0,8 U_{vc} + 0,2 U_{ch} + 3 \psi_l$$

où  $\psi_l = 0,11$  W/mK si intercalaire ordinaire

où  $\psi_l = 0,07$  W/mK si intercalaire isolant

$A_{ch}/A$ : proportion occupée par le châssis par rapport à la surface de la baie: 30 ou 20%

$A_{vc}/A$ : proportion occupée par le vitrage par rapport à la surface de la baie: 70 ou 80%

$Y_l/A$ : rapport périmètre du vitrage/surface de la baie:  $3m/m^2$

25-10-2010/PEB/enveloppe/38



## Les fenêtres

$U_{\max}$  parois vitrées = 2,5 W/m<sup>2</sup>K et  $U_{\max}$  vitrage = 1,6 W/m<sup>2</sup>K

Châssis		Vitrage avec intercalaires <b>isolants</b> ( $\Psi_i = 0,07$ W/mK)					
		DV clair	DV peu émissif			TV	
			air	argon	krypton	krypton	
Type de châssis	$U_{ch}$	$U_{vc} = 2,9$	$U_{vc} = 1,75$	$U_{vc} = 1,3$	$U_{vc} = 1,1$	$U_{vc} = 0,5$	
PUR	2,80	3,09	2,28	1,96	1,82	1,40	
PVC avec ou sans renforts métalliques	3 chambres	2,00	2,93	2,04	1,72	1,58	1,16
	4 chambres	1,80	2,89	1,98	1,66	1,52	1,10
	5 chambres	1,60	2,85	1,93	1,60	1,46	1,04
Bois ép. 60 mm	dur (meranti, afzelia...)	2,14	2,96	2,08	1,76	1,62	1,20
	sapin	1,91	2,91	2,01	1,69	1,55	1,13
Métal (alu, acier...)	sans coupure thermique	5,90	4,01	3,21	2,89	2,75	2,33
	coupure 10 mm	3,36	3,25	2,44	2,13	1,99	1,57
	coupure 20 mm	2,75	3,08	2,26	1,95	1,81	1,39
	coupure 30 mm	2,53	3,04	2,19	1,88	1,74	1,32
PVC avec remplissage en PUR	0,81	2,69	1,77	1,41	1,25	0,80	

25-10-2010/PEB/enveloppe/39

## Les fenêtres

$U_{\max}$  parois vitrées = 2,5 W/m<sup>2</sup>K et  $U_{\max}$  vitrage = 1,6 W/m<sup>2</sup>K

Châssis		Vitrage avec intercalaires <b>ordinaires</b> ( $\Psi_i = 0,11$ W/mK)					
		DV clair	DV peu émissif			TV	
			air	argon	krypton	krypton	
Type de châssis	$U_{ch}$	$U_{vc} = 2,9$	$U_{vc} = 1,75$	$U_{vc} = 1,3$	$U_{vc} = 1,1$	$U_{vc} = 0,5$	
PUR	2,80	3,21	2,40	2,08	1,94	1,52	
PVC avec ou sans renforts métalliques	3 chambres	2,00	3,05	2,16	1,84	1,70	1,28
	4 chambres	1,80	3,01	2,10	1,78	1,64	1,22
	5 chambres	1,60	2,97	2,05	1,72	1,58	1,16
Bois ép. 60 mm	dur (meranti, afzelia...)	2,14	3,08	2,20	1,88	1,74	1,32
	sapin	1,91	3,03	2,13	1,81	1,67	1,25
Métal (alu, acier...)	sans coupure thermique	5,90	4,13	3,33	3,01	2,87	2,45
	coupure 10 mm	3,36	3,37	2,56	2,25	2,11	1,69
	coupure 20 mm	2,75	3,20	2,38	2,07	1,93	1,51
	coupure 30 mm	2,53	3,16	2,31	2,00	1,86	1,44
PVC avec remplissage en PUR	0,81	2,81	1,89	1,53	1,37	0,92	

25-10-2010/PEB/enveloppe/40

## Sources d'information

En pratique:



- Annexe VII de l'AGW du 17 avril 2008 (téléchargeable à partir de la page: <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>)
- Annexe IV de l'arrêté d'exécution déterminant des exigences en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments du 21 décembre 2007. [http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Guide\\_Energie\\_va\\_demecum\\_PEB\\_2008\\_FR.PDF?langtype=2060](http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Guide_Energie_va_demecum_PEB_2008_FR.PDF?langtype=2060) (vademeccum PEB pour la RBC)
- Consulter la norme NBN B62-002, ainsi que les annexes A1 et A2 ([www.ibn.be](http://www.ibn.be))  
→  $\lambda$  normalisé
- Agrément technique ([www.ubatc.be](http://www.ubatc.be)) →  $\lambda$  certifié
- Base belge de données de matériaux ([www.epbd.be](http://www.epbd.be))
- Fédération de l'industrie du verre ([www.vgi-fiv.be](http://www.vgi-fiv.be))

25-10-2010/PEB/enveloppe/41



## Sources d'information

- Valeurs à considérer pour les propriétés d'un matériau:
  - → il dispose d'un agrément technique: utiliser la valeur de l'agrément technique
  - → on ignore encore (avant-projet) le détail d'un matériau particulier (p.e. marque d'isolant): prendre la valeur spécifiée dans la norme pour le type choisi

25-10-2010/PEB/enveloppe/42



## Application: résidentiel

Présentation du cas « fil rouge » pour l'application de la méthode PEB:  
Maison reprise de la base de données de l'action « Construire avec l'Énergie »  
Architecte: A. Schmitz - Maître de l'ouvrage: E. Wagemans

Recherche d'un cas « moyen » :

- Réduction de la base de données :
  - Retrait des cas extrêmes choisis
  - Retrait des cas autres que logement individuel 4 façades
- Evaluation des valeurs moyennes pour les paramètres suivants :
  - $A_T$  : la surface de déperdition totale
  - $V$  : le volume protégé
  - $V/A_T$  : la compacité volumique
  - $A_{ch}$  : la surface de plancher chauffé (au sein du volume protégé)
  - $Sv/A_{ch}$  : le rapport surface vitrée/surface de plancher chauffé
  - $Sv/façade$  : le rapport surface vitrée/surface des façades

25-10-2010/PEB/enveloppe/43



## Application

- Sur échantillon de maisons choisies parmi celles participant à l'opération « Construire avec l'énergie »
  - $A_{ch} = 34$  à  $612 \text{ m}^2$
  - $V = 86$  à  $1.589 \text{ m}^3$
  - $V/A_T = 0,61$  à  $2,12 \text{ m}$
  - $A_{fen}/A_{ch} = 7$  à  $48 \%$
  - $A_{fen}/A_{murs} = 3$  à  $64 \%$
  - 15 maisons + 2 appts

→ Sélection du cas qui présenterait tous ces paramètres à +/- 20% par rapport

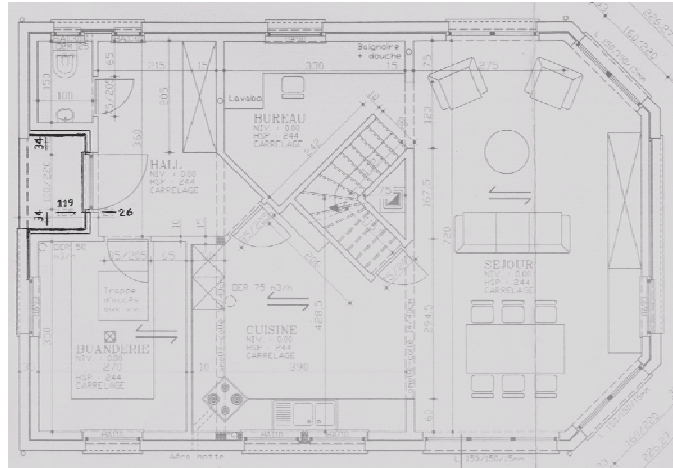
N° Dossier	Fiche	At	Ach	V	Sv/Ach	Sv/Façade	Type logement	Compacité	Cloisement
MAX		793	419	1158	45	44		1,87	
MIN		328	112	372	8	4		0,95	
MOYENNE		491	218	643	21	19		1,31	
Valeurs proches de la moyenne		393	174	515	18,67	16,89		1,17	
		589	261	772	22,82	20,65		1,44	
		+ou-20%	+ou-20%	+ou-20%	+ou-10%	+ou-10%		+ou-10%	
091-ulg		408	178	551	19	20	a	1,35	N

25-10-2010/PEB/enveloppe/44



# Application

Maison « fil rouge » – rez-de-chaussée

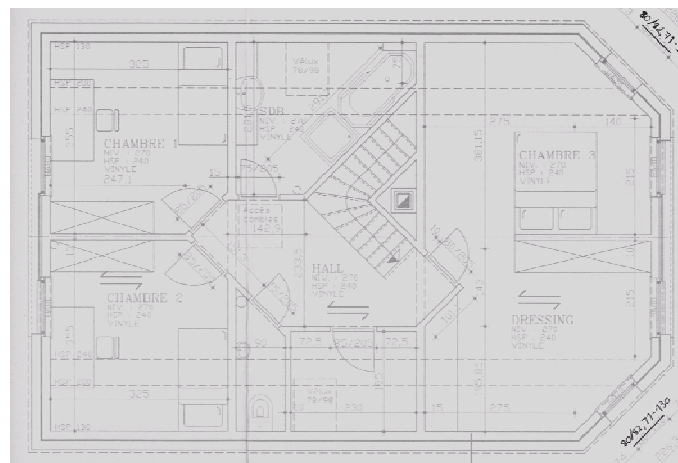


25-10-2010/PEB/enveloppe/45



# Application

Maison « fil rouge » – 1<sup>er</sup> étage



25-10-2010/PEB/enveloppe/46



# Application

Maison « fil rouge » – façade ouest



25-10-2010/PEB/enveloppe/47



# Application

Maison « fil rouge » – façade sud



25-10-2010/PEB/enveloppe/48





## Composition des parois



Evaluer les valeurs des coefficients globaux de déperdition des parois de la maison « fil rouge »

- Fenêtres : châssis bois – double vitrage peu émissif (krypton) – intercalaire isolant
- Porte d'entrée : bois  $\rho > 600 \text{ kg/m}^3$   $e = 0.04 \text{ m}$
- Murs extérieurs : murs structure bois + **bardage** – int. → ext.: panneau OSB ( $e = 0.015 \text{ m}$ ), laine minérale (85%) et bois de construction (15% -  $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$ ) ( $e = 0.14 \text{ m}$ ), panneau OSB ( $e = 0.011 \text{ m}$ ), vide moyennement ventilé ( $e = 0.04 \text{ m}$ ), bois de construction ( $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$  et  $e = 0.02 \text{ m}$ )

## Composition des parois

- Murs extérieurs: murs structure bois + **pierres dures du pays** – int. → ext.: panneau OSB ( $e = 0.015 \text{ m}$ ), laine minérale (85%) et bois de construction (15% -  $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$ ) ( $e = 0.14 \text{ m}$ ), panneau OSB ( $e = 0.011 \text{ m}$ ), vide peu ventilé ( $e = 0.02 \text{ m}$ ), pierres dures ( $e = 0.18 \text{ m}$ )
- Toiture: int → ext : laine minérale (90%) et bois de construction (10% -  $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$ ) ( $e = 0.15 \text{ m}$ ), vide peu ou pas ventilé ( $e = 0.05 \text{ m}$ ), plaques de plâtre entre 2 papiers forts ( $e = 0.015 \text{ m}$ )
- Plancher sur vide ventilé: int → ext: carrelage carreaux de terre cuite ( $e = 0.01 \text{ m}$ ), chape en béton léger en panneaux pleins ou dalle ( $e = 0.08 \text{ m}$ ), PUR certifié (Eurowall) ( $e = 0.06 \text{ m}$ ), hourdis creux en béton lourd ( $e = 0.12 \text{ m}$ )
- Plancher sur air extérieur: int → ext: panneau OSB ( $e = 0.018 \text{ m}$ ), laine minérale (85%) et bois de construction (15% -  $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$ ) ( $e = 0.14 \text{ m}$ ), panneau OSB ( $e = 0.011 \text{ m}$ ), vide moyennement ventilé ( $e = 0.04 \text{ m}$ ), bois de construction ( $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$  et  $e = 0.02 \text{ m}$ )

## Métre

Fenêtres :

Nord - 5.72 m <sup>2</sup>	Sud-Ouest – 4.32 m <sup>2</sup>
Nord-Ouest – 4.32 m <sup>2</sup>	Sud – 8.58 m <sup>2</sup>
Nord, 40° - 0.76 m <sup>2</sup>	Sud, 40° - 0.76 m <sup>2</sup>
Ouest – 3.9 m <sup>2</sup>	Est – 6.1 m <sup>2</sup>

Porte d'entrée : 2.64 m<sup>2</sup>

Murs extérieurs :


Bardage bois : 61.31 m <sup>2</sup>
Pierre dures du pays : 104.61 m <sup>2</sup>

Toiture inclinée : 115.78 m<sup>2</sup>

Plancher sur vide ventilé : 87.85 m<sup>2</sup>

Plancher sur air extérieur : 2.02 m<sup>2</sup>

Volume : 551 m<sup>3</sup>

 25-10-2010/PEB/enveloppe/51

## Transfert par transmission


### 12.1 Coefficient de transfert thermique total par transmission

Le coefficient de transfert thermique total par transmission ( $H_T$ ) est déterminé par :

$$H_T = H_b + H_g + H_v \quad (30) \quad [\text{W/K}]$$

avec :

- $H_b$  : le coefficient de transfert thermique par transmission à travers l'enveloppe du bâtiment et directement vers l'environnement extérieur, déterminé d'après 13, [W/K] ;
- $H_g$  : le coefficient de transfert thermique par transmission à travers le sol, les caves non-chauffées et le vide sanitaire en contact avec le sol, déterminé d'après 15, [W/K] ;
- $H_v$  : le coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur via les espaces adjacents non-chauffés, déterminé d'après 14, [W/K].

 25-10-2010/PEB/enveloppe/52

## Transfert par transmission

$$H_D = H_D^{2D} = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{k=1}^m l_k \cdot \Psi_k + \sum_{l=1}^r \chi_l \quad (32) \quad [\text{W/K}]$$

avec :

- $A_i$  : la surface de l'élément de construction  $i$  de l'enveloppe du bâtiment, déterminée avec les dimensions extérieures,  $[\text{m}^2]$  ;  
 $U_i$  : la valeur  $U$  de l'élément de construction  $i$  de l'enveloppe du bâtiment,  $[\text{W/m}^2\text{K}]$  ;  
 $l_k$  : la longueur du pont thermique linéaire  $k$  présent, déterminée avec les dimensions extérieures,  $[\text{m}]$  ;  
 $\Psi_k$  : le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique linéaire  $k$ ,  $[\text{W/mK}]$  ;  
 $\chi_l$  : le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique ponctuel  $l$ ,  $[\text{W/K}]$ .

## EANC

Le coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur via les espaces adjacents non-chauffés  $H_G$  (il est question ici des espaces pour lesquels l'épaisseur de la couche d'air est plus grande que 0,3 m) peut être calculé avec précision en effectuant un équilibre thermique entre d'une part les déperditions entre l'espace chauffé et l'espace adjacent non-chauffé et d'autre part entre l'espace adjacent non-chauffé et l'environnement extérieur.

Celui-ci est déterminé par :

$$H_G = H_{iu} \cdot b \quad (33) \quad [\text{W/K}]$$

avec :

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (34) \quad [-]$$

$H_{iu}$  : le coefficient de transfert thermique par transmission directe entre l'espace chauffé et l'espace adjacent non-chauffé,  $[\text{W/K}]$ , calculé selon :

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu} \quad (35) \quad [\text{W/K}]$$

## Transferts par le sol

Le coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur via le sol ( $H_g$ ), peut être, pour des planchers directement en contact avec le sol, défini de manière simplifiée par :

$$H_g = \sum_{i=1}^n U_{eq,f,i} \cdot A_i \cdot a_i \quad (40) \quad [W/K]$$

avec :  
 $U_{eq,f,i}$  : la valeur U équivalente de la partie de plancher i, [W/m²K], définie selon :

$$U_{eq,f,i} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{f,i}} \quad (41) \quad [W/m^2K]$$

avec :  
 $R_{si}$  : la résistance thermique d'échange à la surface intérieure (= 0,17), [m²K/W] ;  
 $ER_{f,i}$  : la résistance thermique totale de toutes les couches de construction de la partie de plancher calculée comme présenté au chapitre 6 (de la surface intérieure jusqu'à la surface de contact avec le sol, donc sans résistances d'échange aux surfaces), [m²K/W] ;

$A_i$  : l'aire de la partie de plancher i (déterminée avec les dimensions extérieures), [m²] ;  
 $a_i$  : le facteur de réduction de la température pour la partie de plancher i, [-], déterminé par :

$$a_i = \frac{1}{U_{eq,f,i} + 1} \quad (49) \quad [-]$$

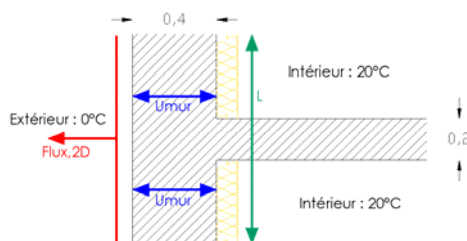
## Les ponts thermiques

$$k_s = \frac{\sum \Phi_t}{\sum A \cdot (t_{rs} - t_{eb})} + \frac{\sum \psi_{lj} \cdot l_j}{\sum A}$$

$\psi_{lj}$  : coefficient de perte linéique [W/mK]

$l_j$  : longueur du pont thermique [m]

Exemple: mur de refend



## Les ponts thermiques: exemples

### Jonctions courantes pouvant donner lieu à des ponts thermiques :

- linteaux des baies du volume protégé ;
- seuils de fenêtres et de portes ;
- raccordements des lames d'air au droit des feuillures des châssis et des portes ;
- appuis de planchers lorsqu'ils sont en contact avec le mur de parement;
- rives de toiture (raccord de la contre-façade d'un mur creux isolé à une toiture à versants, traversées de cheminées...);
- encorbellements de terrasses ;
- poutres et balcons de béton en contact avec le mur de parement.

25-10-2010/PEB/enveloppe/57



## Les ponts thermiques - calcul

$$\Phi_{2D} = \Phi_{1D} + \psi * l * \Delta T$$

$\Phi_{2D}$  : flux évalué par un logiciel éléments finis

$\Phi_{1D}$  : flux calculé en supposant la paroi homogène

$l$  : longueur du pont thermique ( $\perp$  au plan de la feuille)

$\psi$  : coefficient de déperdition linéique (W/mK)

$\Delta T$  : différence de température

En pratique: catalogues de ponts thermiques disponibles

Voir description dans la norme NBN B62-002



[http://www.lesosai.com/download/Warmebruckenkatalog\\_f.pdf](http://www.lesosai.com/download/Warmebruckenkatalog_f.pdf)

25-10-2010/PEB/enveloppe/58



## Ponts thermiques

Par volume K, choisir 1 des 3 options ci-dessous

► **OPTION A** Méthode détaillée

L'effet de tous les nœuds constructifs est pris en compte 'exactement', soit en 3D, soit en 2D via programme de calcul agréé (exemple : KOBRA – téléchargeable gratuitement sur le site du CSTC)  
 $\Delta K$  variable

► **OPTION B** Méthode des nœuds PEB-conformes

Repérage des différents nœuds constructifs.  
 2 types sont repérés.

- PEB-conformes : **supplément de 3 points au niveau K**
- autres que PEB-conformes : **supplément variable au niveau K**

► **OPTION C** Méthode forfaitaire

Aucun effort n'est fait pour tenir compte de l'influence des nœuds constructifs, avec pour conséquence une pénalité forfaitaire élevée.

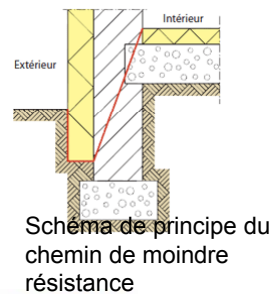
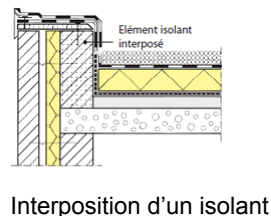
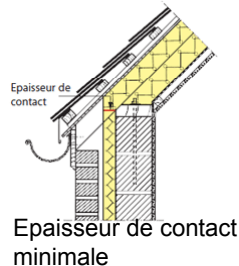
**+ 10 points K**

25-10-2010/PEB/enveloppe/59

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Ponts thermiques PEB-conformes

- Un nœud est considéré comme PEB-conforme (dans l'option B), s'il répond au moins à une des conditions suivantes : il respecte au moins une des règles de base :
  - épaisseur de contact suffisante entre les couches isolantes adjacentes (cf. figure 1)
  - critères s'appliquant sur des éléments isolants interposés (cf. figure 2)
  - longueur minimale du chemin de moindre résistance thermique (cf. figure 3)



25-10-2010/PEB/enveloppe/60

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Ponts thermiques PEB-conformes

- son coefficient linéique de transmission thermique est plus petit qu'une valeur limite, définie en fonction du type de nœud (0,15 W/mK pour un angle rentrant, 0,1 W/mK pour les raccords autour des portes et fenêtre, p. ex.).
- Finalement, des valeurs par défaut (en général plutôt négatives) sont également données pour les coefficients linéiques et ponctuels de transmission thermique. Elles peuvent être utilisées dans l'option A ou B.

### EN PRATIQUE:

**RBC: mise en place en janvier 2011 (en même temps que le logiciel PEB)**

**RW: mise en place en septembre 2011**

## Niveau « K » - calcul

### 16.1 Compacité d'un bâtiment

La compacité d'un bâtiment est donnée par le rapport du volume sur la superficie totale de déperdition :

$$C = \frac{V}{A_T} \quad (45) \quad [m]$$

avec :

$V$  le volume du bâtiment sur base des dimensions extérieures, [m<sup>3</sup>], déterminé suivant 12.2.3 ;

$A_T$  la superficie de déperdition du bâtiment sur base des dimensions extérieures, [m<sup>2</sup>], déterminée suivant 12.2.2 .

### 16.2 Coefficient de transfert de chaleur moyen d'un bâtiment

Le coefficient de transfert thermique moyen  $U_m$  d'un bâtiment est le rapport entre le coefficient de transfert thermique total et la superficie de déperdition :

$$U_m = \frac{H_T}{A_T} \quad (46) \quad [W/m^2K]$$

avec :

$H_T$  le coefficient de transfert thermique du bâtiment, [W/K], calculé suivant 12.1 ;

$A_T$  la superficie de déperdition totale du bâtiment sur base des dimensions extérieures, [m<sup>2</sup>], déterminée suivant 12.2.2 .

Pour  $H_T$ , la valeur correspondant à des conditions hivernales est considérée.

## Niveau « K » - calcul

### 16.3 Niveau de l'isolation thermique globale (niveau K)

Le niveau de l'isolation thermique globale d'un bâtiment est donnée par le rapport entre le coefficient de transfert thermique moyen et une valeur de référence, multiplié par 100 :

$$K = 100 \frac{U_m}{U_{m,ref}} \quad (47)$$

avec :

$U_m$  : le coefficient de transfert thermique moyen du bâtiment, [W/m<sup>2</sup>K], calculé selon 16.2 ;

$U_{m,ref}$  : la valeur de référence du coefficient de transfert thermique moyen, [W/m<sup>2</sup>K], telle qu'établie ci-dessous.

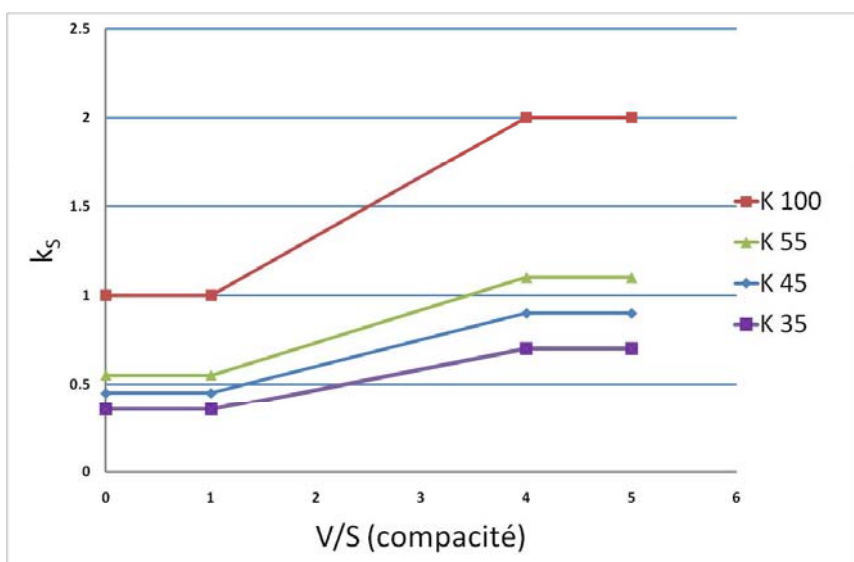
La valeur déterminée selon (47) doit être arrondie à un nombre entier, et lorsque la partie derrière la virgule de la valeur déterminée selon (47) est exactement égale à un demi, on arrondi vers le haut. Dans le rapportage, il faut placer la lettre K avant l'entier ainsi obtenu.

La valeur de référence pour le coefficient de transfert thermique moyen  $U_{m,ref}$  est déterminée comme suit :

Pour $C \leq 1$ m :	$U_{m,ref} = 1$	(48)	[W/m <sup>2</sup> K]
Pour $1 \text{ m} < C < 4$ m :	$U_{m,ref} = (C + 2) / 3$	(49)	[W/m <sup>2</sup> K]
Pour $4 \text{ m} \leq C$ :	$U_{m,ref} = 2$	(50)	[W/m <sup>2</sup> K]

Ici, C est la compacité [m] définie dans 16.1 .

## Niveau « K »





## Evaluation du niveau « K »



Evaluer le niveau « K » pour  
l'application « fil rouge »

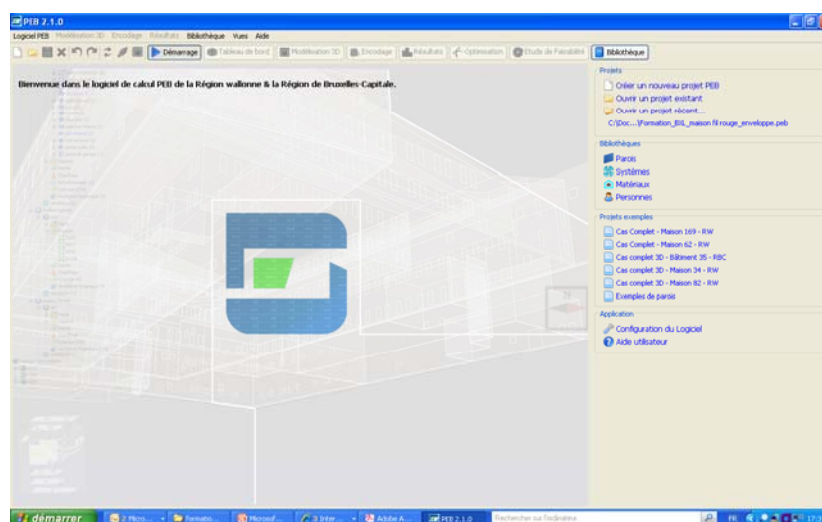
Lien pour télécharger le logiciel PEB (y compris mode d'emploi):

<http://energie.wallonie.be/fr/logiciel-peb.html?IDC=7000>

25-10-2010/PEB/enveloppe/65



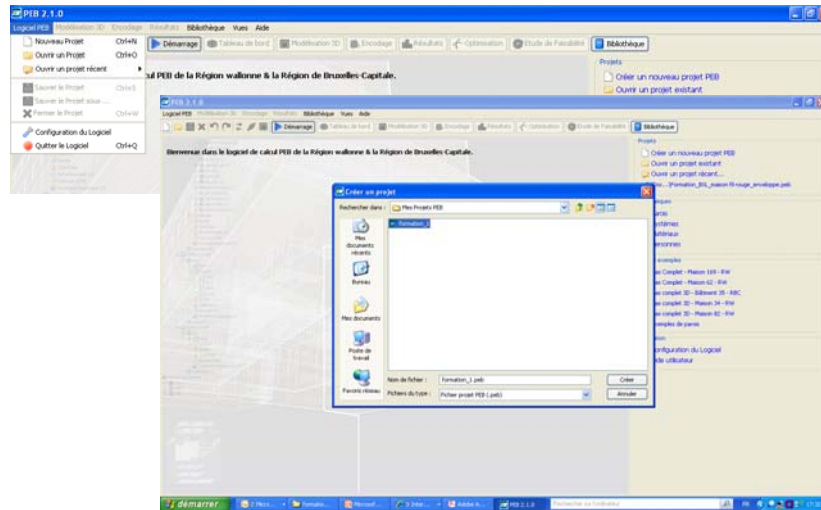
## Le logiciel PEB



25-10-2010/PEB/enveloppe/66



## Le logiciel PEB



25-10-2010/PEB/enveloppe/67



## Création d'un projet

Ces informations incluent :

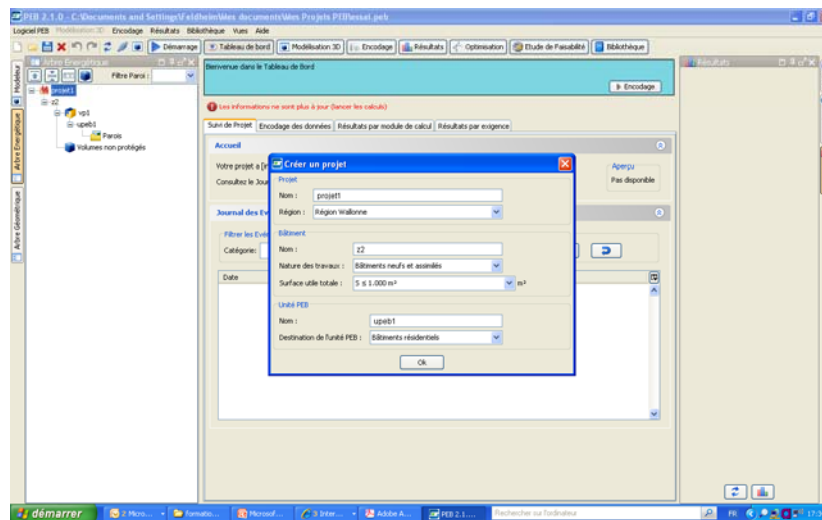
- Le nom du projet (libre)
- La Région dans laquelle le projet est mis en oeuvre
- Le nom du premier Bâtiment PEB du projet (créé automatiquement)
- La Nature des Travaux effectués dans le Bâtiment PEB
- La surface ou superficie utile totale du Bâtiment PEB
- Le nom de la première Unité PEB du Bâtiment PEB (créée automatiquement)
- La Destination de l'Unité PEB
- Toute autre information requise dans le cadre de la création d'un projet en fonction des données saisies et de la Région sélectionnée

Le bouton de validation devient accessible une fois les informations obligatoires remplies. Il déclenche la création du projet aboutissant la page de "Suivi de Projet" de la vue "Tableau de Bord" (voir "Piloter le Projet").

25-10-2010/PEB/enveloppe/68

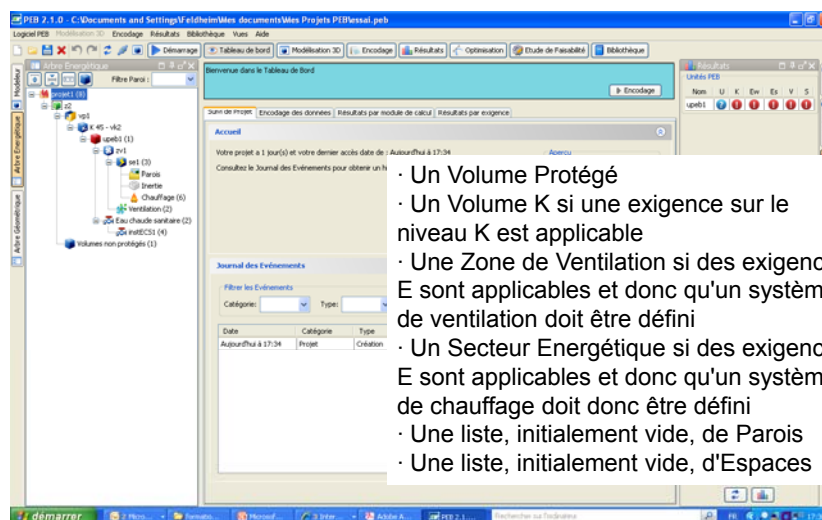


## Le logiciel PEB



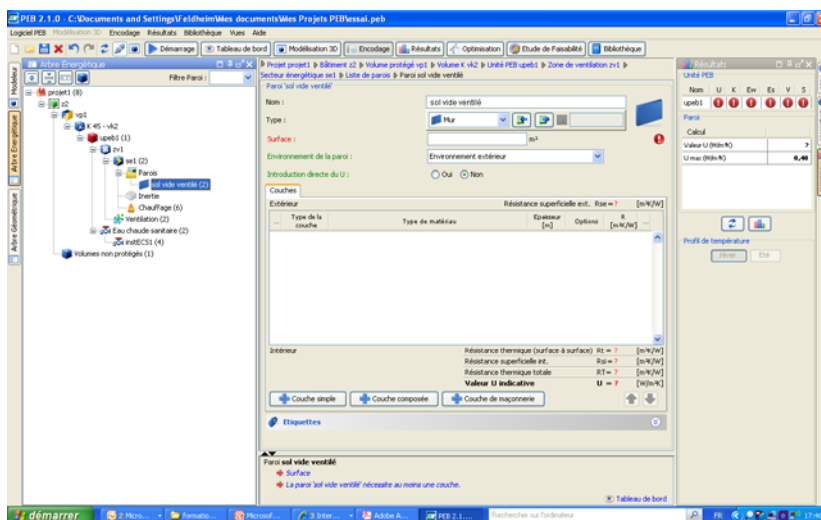
25-10-2010/PEB/enveloppe/69

## Le logiciel PEB



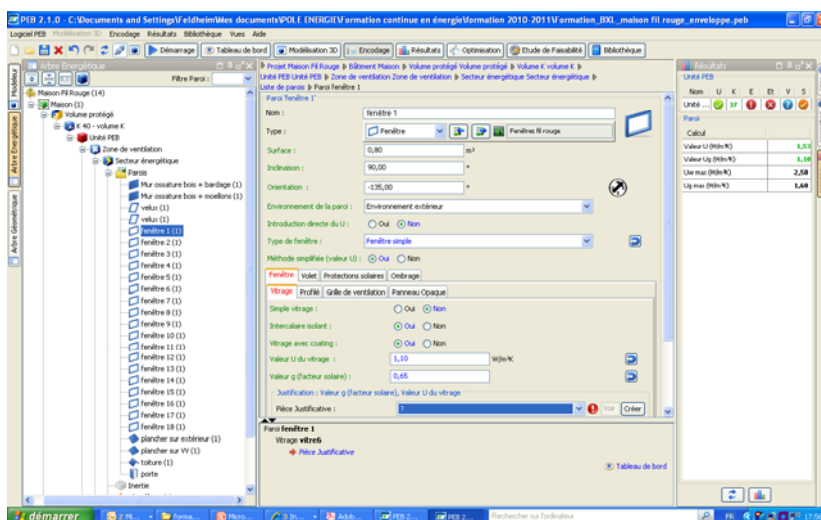
25-10-2010/PEB/enveloppe/70

## Zone d'encodage parois



25-10-2010/PEB/enveloppe/71

## Zone d'encodage vitrage



25-10-2010/PEB/enveloppe/72

## Les apports gratuits

Rappel: calcul des besoins mensuels nets pour le chauffage →  
déperditions par transmission et par ventilation  
+ déduction des apports gratuits

$$Q_{\text{chauf,net,m}} = (Q_{t,m} + Q_{v,m})_{\text{net}} - \eta_{\text{récup}} Q_{\text{ag}}$$

Apports gratuits? Gains calorifiques mensuels par ensoleillement et par production interne de chaleur

$\eta_{\text{récup}}$  ? Taux d'utilisation des gains calorifiques mensuels

Explication physique: rendement des apports solaires

Si  $t_{rs} > t_{rs \text{ consigne}}$ : les apports gratuits ne permettent pas de gagner de l'énergie puisqu'on ne doit plus chauffer!

En hiver: les apports gratuits sont toujours utiles:  $\eta = 1$

A mi-saison:  $\eta < 1$

25-10-2010/PEB/enveloppe/73



## Les apports gratuits

$\eta$  dépend de l'inertie du bâtiment – l'inertie permet de limiter les surchauffes

Modèle simplifié: on utilise des corrélations simples, déduites des résultats obtenus par des logiciels détaillés → calcul du rendement des apports solaires et internes

$$\eta = f(\gamma(a))$$

$$\gamma = \frac{Q_{\text{ag}}}{Q_{\text{pertes}}} = \frac{Q_{\text{ag}}}{Q_t + Q_v}$$

$$a = 1 + \frac{\tau}{54000}$$

$$\tau = \frac{C}{H_t + H_v}$$

t: constante de temps du secteur énergétique

C: capacité thermique effective du secteur énergétique (J/K)

$H_t$ : déperditions calorifiques mensuelles spécifiques par transmission (W/K)

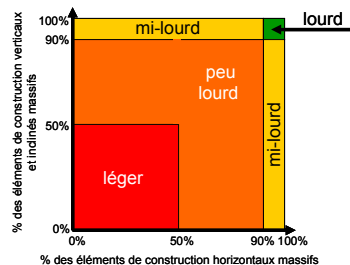
$H_v$ : déperditions calorifiques mensuelles spécifiques par ventilation (W/K)

54000 s: 15 h

25-10-2010/PEB/enveloppe/74



## Les classes d'inertie pour le résidentiel



Elément massif: masse d'au moins 100 kg/m<sup>2</sup> en partant de l'intérieur jusqu'à un vide d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à 0.2 W/mK.

Type de construction	C
Lourd	217000 *V secteur
Mi-lourd	117000 *V secteur
Moyennement lourd	67000 *V secteur
Léger	27000 *V secteur

25-10-2010/PEB/enveloppe/75

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Les classes d'inertie pour le tertiaire

Deux possibilités de calcul :

soit un calcul détaillé :  $C_{sec,i} = \sum_k \rho_k \cdot c_k \cdot d_k \cdot A_k$

$\rho$  = masse volumique [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  = chaleur spécifique [kJ/kg K]

$d$  = épaisseur [m]

$A$  = surface [m<sup>2</sup>]

$k$  = éléments de construction

soit un calcul sur base de la capacité thermique spécifique par m<sup>2</sup>

d'utilisation :  $C_{sec,i} = \sum_j D_j \cdot A_{f,sec,i,j}$

$D_j$  = capacité thermique spécifique effective [kJ/m<sup>2</sup>K]

→ donné dans le tableau 6 page 6445 de l'AGBC du 21 décembre 2007 ou page 28 de l'AGW du 17 avril 2007

$A_{f,sec,i,j}$  = surface d'utilisation [m<sup>2</sup>]

$j$  = parties  $j$  du secteur  $i$

25-10-2010/PEB/enveloppe/76

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Rendement des apports gratuits

$$\text{si } \gamma \geq 2,5 \rightarrow \eta = \frac{1}{\gamma}$$

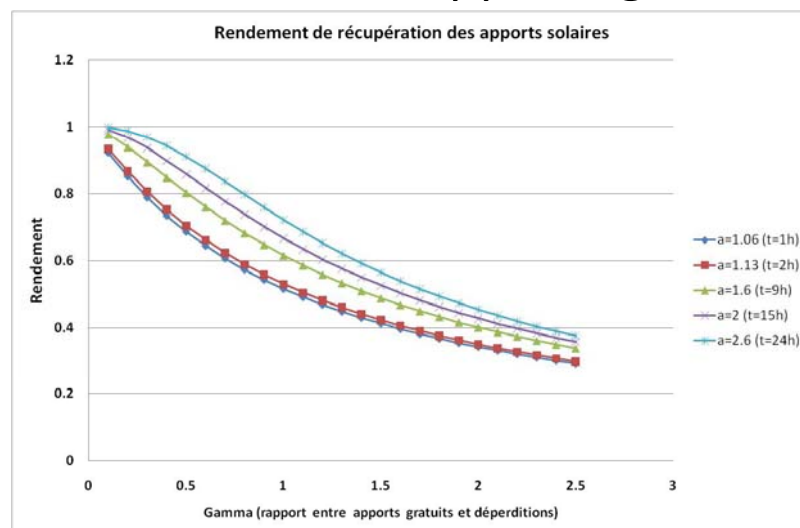
$$\text{si } \gamma \leq 2,5 \rightarrow \eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

$$\text{si } \gamma = 1 \rightarrow \eta = \frac{a}{a + 1}$$

25-10-2010/PEB/enveloppe/77

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Rendement des apports gratuits



25-10-2010/PEB/enveloppe/78

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Gains calorifiques internes mensuels

- Chaleur produite par les sources internes: personnes, éclairage, appareils
- Réglementation: valeur forfaitaire
  - Pour le résidentiel : fonction du volume

$$Q_{ag,int} = \left( 0,67 + \frac{220}{V_{PER}} \right) * V_{sec,i} * t_m \text{ [MJ]}$$

- Pour le tertiaire :

$Q_{ag, heat/cool}$  = fonction (nombre de personnes et du taux d'occupation, production de chaleur des équipements, production de chaleur de l'éclairage, production de chaleur des ventilateurs)

(Cf. formule page 6442, annexe II AGBC du 21 décembre 2007 ou p25, annexe II de l'AGW du 17 avril 2007)

## Gains solaires mensuels

### 3 termes:

- Gains solaires par les fenêtres
- Gains solaires par les systèmes d'énergie solaire passive non ventilés (p.m. ex.: mur Trombe)
- Gains solaires résultant d'espaces contigus non chauffés

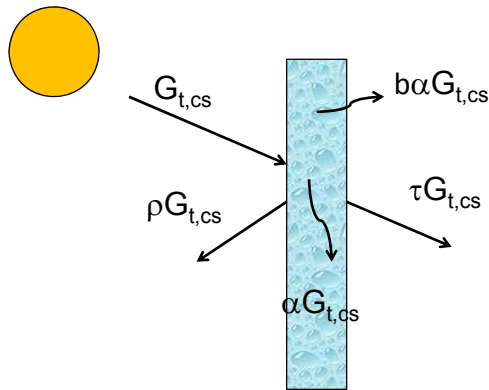
Généralement: gains solaires par les fenêtres

$$Q_{ag,vit j} = 0,95 * g_j * F_j * A_j * I_{sol,j,omb}$$

- 0.95: facteur de réduction pour cause de salissure
- $g_j$ : facteur solaire moyen de la fenêtre  $j$
- $F_j$ : facteur de réduction de la fenêtre  $j$
- $A_j$ : surface de la fenêtre  $j$  en  $m^2$  (mesurée hors œuvre)
- $I_{sol,j,omb}$ : ensoleillement de la fenêtre  $j$  pour le mois considéré, compte tenu de l'ombrage d'obstacles fixes  $[MJ/m^2]$



## Facteur solaire d'un vitrage



$$g = \tau + b\alpha$$

Facteur solaire du vitrage:  
fraction du rayonnement solaire  
incident qui se retrouve à  
l'intérieur

- Partie transmise :  $\tau$
- Partie de la fraction absorbée  
et transformée en chaleur qui  
pénètre dans le local :  $b\alpha$

Simple vitrage:  $\alpha=0.06$ ,  $\tau=0.86$ ,  $\rho=0.08$  et  $g=0.88$

Double vitrage ordinaire:  $g=0.78$

Vitrage super isolant:  $g=0.56 - 0.6$

25-10-2010/PEB/enveloppe/81



## Facteur solaire moyen

$$g_j = 0,9 * (a_c F_c + (1 - a_c)) g_{\perp}$$

0,9 : correction de l'angle d'incidence

$F_c$  : facteur de réduction pour protection solaire

$a_c$  : facteur d'utilisation moyen de la protection solaire

$g_{\perp}$  : facteur solaire du vitrage en cas d'incidence normale

Valeurs par défaut pour  $F_c$  (constantes tout au long de l'année)

	$F_c$
Protection solaire extérieure	0.5
Protection solaire intermédiaire non ventilée	0.6
Protection solaire intérieure	0.9
Tous les autres cas	1

25-10-2010/PEB/enveloppe/82



## Facteur d'utilisation moyen $a_c$

-Protection solaire fixe:  $a_c=1$

-Protection solaire mobile: voir tableau

! Valeurs différentes pour le chauffage ou le refroidissement

Remarque: si une fenêtre a plusieurs systèmes de protection solaire, on considère  $F_{c \max}$  pour le chauffage et  $F_{c \min}$  pour les conditions ÉTÉ

	Chauffage	Surchauffe	Refroidissement
Commande manuelle	0	0.5	0.2
Commande automatique	0	0.6	0.5

25-10-2010/PEB/enveloppe/83

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Besoins nets mensuels - ECS

Calcul forfaitaire en fonction du volume:

-Douche ou baignoire

$$Q_{\text{bain}} = r_b f_b * \max[64; 64 + 0,220(V_{\text{PER}} - 192)] * I_m$$

-Evier de cuisine

$$Q_{\text{cuisine}} = r_c f_c * \max[16; 16 + 0,055(V_{\text{PER}} - 192)] * I_m$$

$Q_{\text{bain}}$  et  $Q_{\text{cuisine}}$ : besoins mensuels nets en énergie pour l'eau chaude [MJ]

$r_b$  et  $r_c$ : facteur de réduction pour l'effet du préchauffage de l'amenée d'eau froide

$f_b$  et  $f_c$ : part du bain (ou de la douche) ou de l'évier dans les besoins totaux nets en énergie pour l'ECS

$$f_b = \frac{1}{\text{nombre de bains}} \text{ et } f_c = \frac{1}{\text{nombre d'éviers}}$$

25-10-2010/PEB/enveloppe/84

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Application (suite)



Evaluer les besoins nets en énergie pour le chauffage et l'ECS pour le cas « fil rouge »  
Faire varier les paramètres de l'enveloppe et mesurer l'impact sur les résultats affichés (passage du « K initial » à un « K15 »)

25-10-2010/PEB/enveloppe/85



## Résultats pour le cas « fil rouge »

Volume: 551 m<sup>3</sup>

Surface de plancher chauffé: 177,72 m<sup>2</sup>

Surface de déperdition: 408,23 m<sup>2</sup>

Surface de fenêtre: 34,48 m<sup>2</sup>

Type de construction: peu lourd

Vérification des valeurs U:

-Fenêtres:  $U_{w,moyen} = 1.55 < 2.5$  [W/m<sup>2</sup>K] et  $U_g = 1.1 < 1.6$  W/m<sup>2</sup>K

-Façades: 0.33 < 0.4 [W/m<sup>2</sup>K] (bardage bois) – 0.32 < 0.4 [W/m<sup>2</sup>K] (pierres)

-Toiture: 0.28 < 0.3 [W/m<sup>2</sup>K]

-Plancher sur vide ventilé: 0.32 < 0.6 [W/m<sup>2</sup>K]

-Plancher sur air extérieur: 0.28 < 0.6 [W/m<sup>2</sup>K]

Résultats: K 37 – E 88 – 10 424 Kh de surchauffe

-Emission de CO<sub>2</sub>: 5,3 t/an (càd 33140 km/an si émission de 160g/km)

25-10-2010/PEB/enveloppe/86



## Résultats pour le cas « fil rouge »



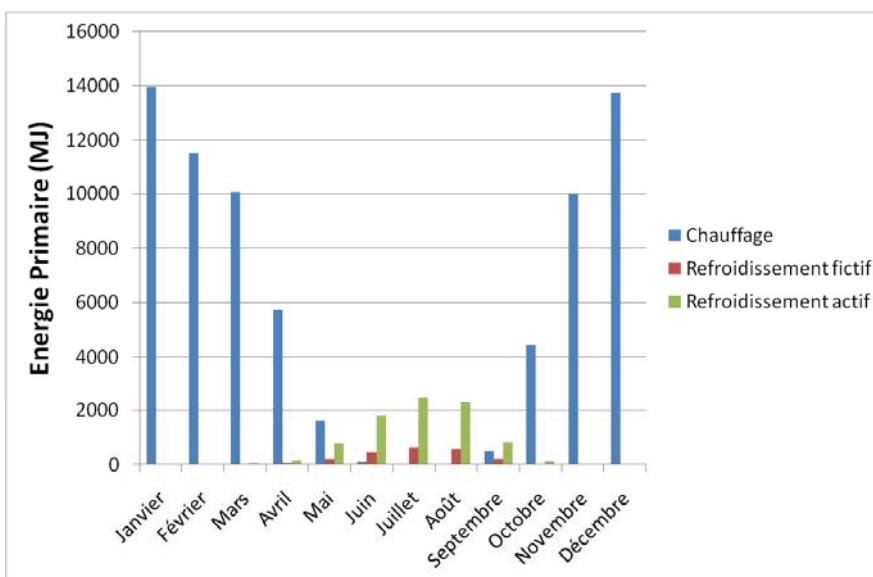
■ Chauffage      ■ Eau chaude sanitaire  
□ Auxiliaires      ■ Refroidissement

	Consommation en énergie primaire	Consommation de référence
Chauffage	71676 MJ(70%)	117772 MJ
ECS	24411 MJ (24%)	
Auxiliaires	4227 MJ(4%)	
Refroidissement	2192 MJ (2%)	-
TOTAL	102507 MJ	

25-10-2010/PEB/enveloppe/87

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Résultats pour le cas « fil rouge »



25-10-2010/PEB/enveloppe/88

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Application: tertiaire

- Ecole de Nivelles : bâtiment basse énergie/passif

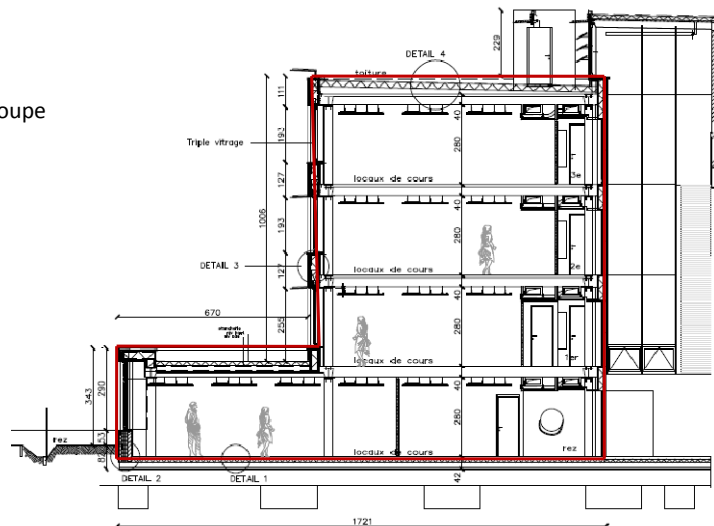


25-10-2010/PEB/enveloppe/89

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Application: tertiaire

Coupe



25-10-2010/PEB/enveloppe/90

POLYTECH MONS UMONS ULB

## Application: tertiaire



Façade avant

25-10-2010/PEB/enveloppe/91



## Application: tertiaire

- Outil d'évaluation : EPB Software ou outil PEB???
- présentation de l'outil
- introduction du projet « fil rouge » tertiaire



25-10-2010/PEB/enveloppe/92



## Application: tertiaire


Rappel : la subdivision d'un projet

Un bâtiment qui ne possède qu'une seule affectation sera toujours constitué d'un seul type d'unité PEB.

L'existence de plusieurs types d'unités PEB au sein d'un bâtiment PEB ne peut être le fait que de la présence de plusieurs affectations différentes au sein de ce bâtiment, à l'exception de l'unité PEB « Espaces communs ».

Pour les affectations autres que « Résidentiels », la possibilité est laissée de subdiviser un bâtiment PEB en plusieurs unités PEB, et ceci lorsque la performance énergétique des unités diffère.

PAGE 16 SUR 103  
VADE-MECUM PEB – PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS

 25-10-2010/PEB/enveloppe/93

## Application: tertiaire

Données - Composition de parois :

Fenêtres extérieures :

Châssis PVC rempli de PUR  $U_f = 0.81 \text{ W/m}^2\text{K}$

Triple vitrage avec Krypton  $U_g = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Intercalaire amélioré  $\psi_g = 0.07 \text{ W/mK}$

Mur extérieur en ossature bois :

Panneaux de fibre de bois d'épaisseur 22 cm -  $\lambda = 0.07 \text{ W/mK}$  [ext]

Cellulose dans une ossature bois (3%) de 30cm -  $\lambda = 0.039 \text{ W/mK}$

Panneau d'OSB de 1.5 cm -  $\lambda = 0.13 \text{ W/mK}$


Bloc de plâtre de 10 cm -  $\lambda = 0.35 \text{ W/mK}$  [int]

Mur contre terre -  $U = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$  :

Maçonnerie en blocs de 9 cm -  $\lambda = 1.284 \text{ W/mK}$  (joint compris)

Polystyrène extrudé, 21 cm -  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$

Bloc de béton de 14 cm -  $R = 0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$

 25-10-2010/PEB/enveloppe/94

## Application: tertiaire

Données - Composition de parois :

Toiture plate -  $U = 0.125 \text{ W/m}^2\text{K}$  :

Polyuréthane, 21 cm -  $\lambda = 0.028 \text{ W/mK}$

Béton de pente, 10 cm -  $\lambda = 0.84 \text{ W/mK}$

Chape de compression en béton armé, 8 cm -  $\lambda = 1.3 \text{ W/mK}$

Hourdis de 32 cm

Plancher sur vide ventilé -  $U = 0.168 \text{ W/m}^2\text{K}$  :

Hourdis en béton armé de 17 cm

Polyuréthane projeté, 15 cm -  $\lambda = 0.028 \text{ W/mK}$


Chape de béton lissé, 10 cm -  $\lambda = 0.84 \text{ W/mK}$

Cloison intérieure mince -  $U = 0.599 \text{ W/m}^2\text{K}$  :

2 plaques de plâtre, 1.25 cm

Laine minérale (structure métallique), 5 cm -  $\lambda = 0.041 \text{ W/mK}$

2 plaques de plâtre, 1.25 cm

 25-10-2010/PEB/enveloppe/95

## Application: tertiaire

Données - Composition de parois :

Cloison intérieure épaisse -  $U = 0.214 \text{ W/m}^2\text{K}$  :

Bloc de plâtre, 10 cm -  $\lambda = 0.35 \text{ W/mK}$

Cellulose (structure bois), 15 cm -  $\lambda = 0.039 \text{ W/mK}$

Bloc de plâtre, 10 cm -  $\lambda = 0.35 \text{ W/mK}$

Données - Métré:

Façade Sud (avant) :


203.5 m<sup>2</sup> de fenêtres

158.8 m<sup>2</sup> de mur extérieur (OB)

Façade ouest (gauche) :

21.52 m<sup>2</sup> de fenêtres

140 m<sup>2</sup> de mur extérieur (OB)

 25-10-2010/PEB/enveloppe/96



## Application: tertiaire

Données - Métré:

Façade est (droite) :

21.52 m<sup>2</sup> de fenêtres

140 m<sup>2</sup> de mur extérieur (OB)

Façade nord (arrière, intérieur) :

180.21 m<sup>2</sup> de cloison intérieure mince

204 m<sup>2</sup> de cloison intérieure épaisse

50.55 m<sup>2</sup> de mur contre terre

459.3 m<sup>2</sup> de toiture plate

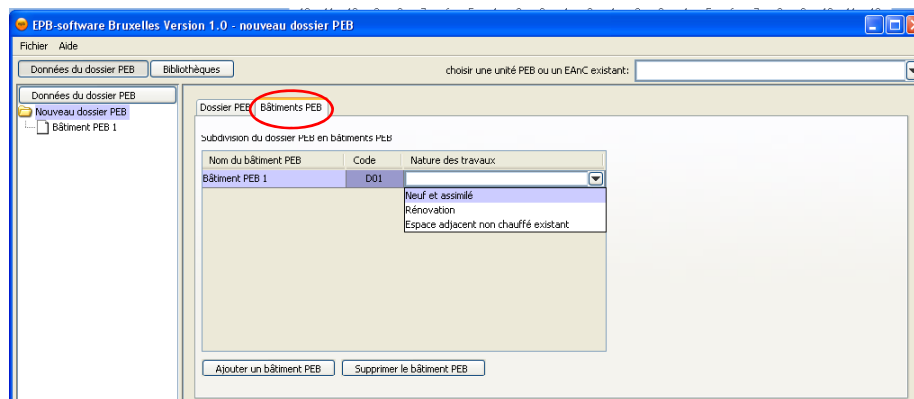
459.3 m<sup>2</sup> de plancher sur vide ventilé

Un volume de 4771.1 m<sup>3</sup>

25-10-2010/PEB/enveloppe/97



## Application: tertiaire

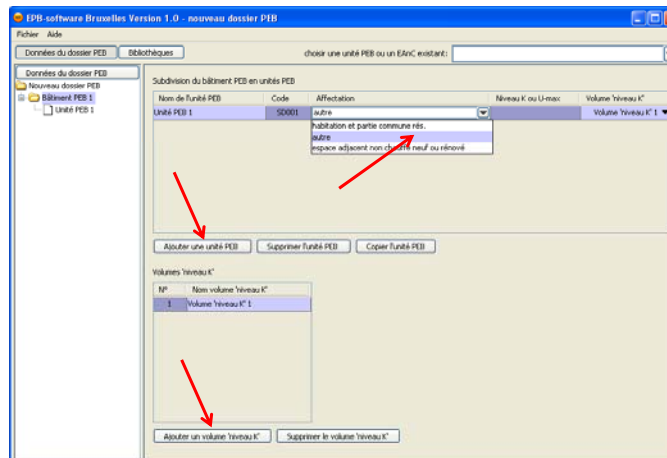


- Nouveau dossier PEB > Bâtiment PEB > Ajouter un bâtiment PEB > Sélectionner la nature des travaux .
- Sélectionner le bâtiment PEB dans la fenêtre de gauche.



UMONS ULB

## Application: tertiaire

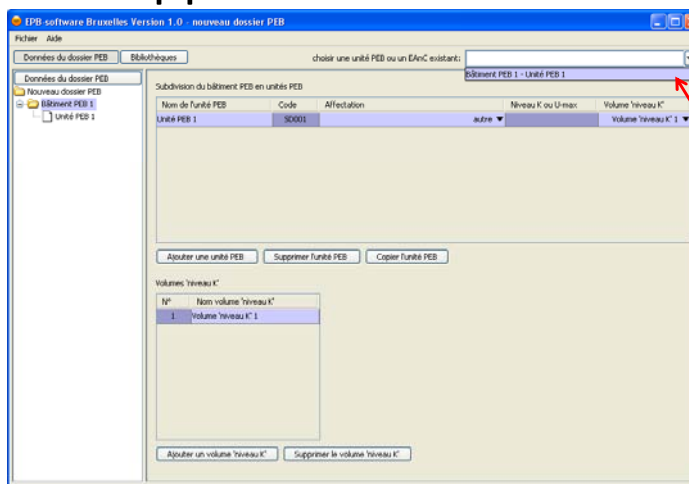


- Ajouter une unité PEB.
- Ajouter un volume « Niveau K ».
- Sélectionner l'affectation et le volume « Niveau K » de l'Unité PEB (menus déroulants).

25-10-2010/PEB/enveloppe/99



## Application: tertiaire

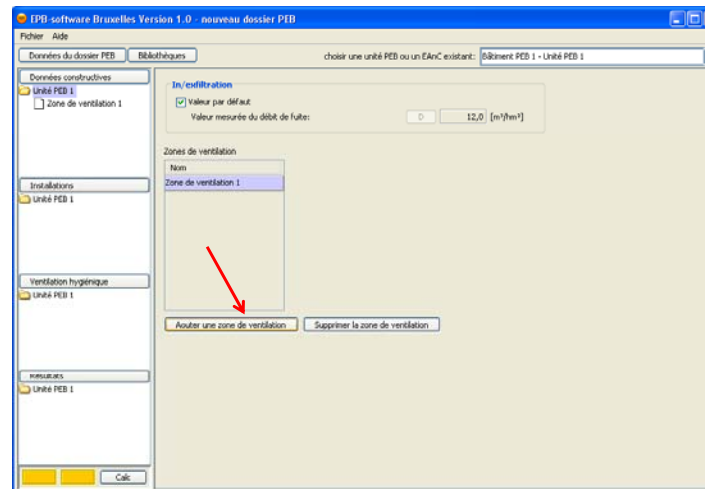


Sélectionner une « Unité PEB » dans le menu déroulant en haut à droite → introduction des données physiques du bâtiment (données constructives, installations, ventilation hygiénique, ...).

25-10-2010/PEB/enveloppe/100



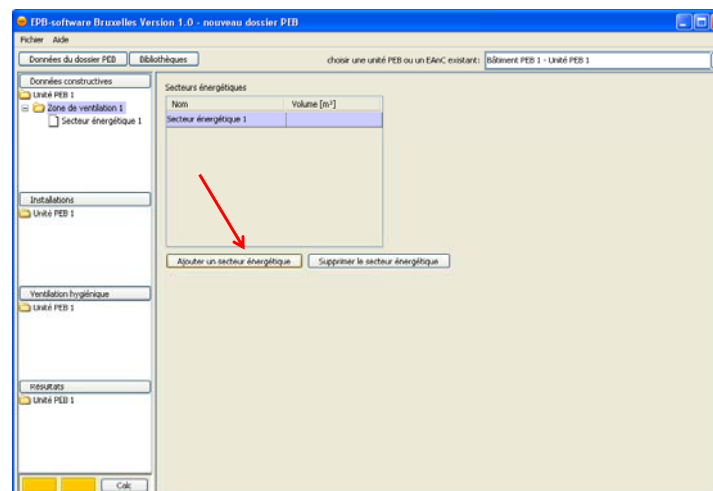
## Application: tertiaire



Ajouter une « Zone de ventilation » dans l'unité PEB.

25-10-2010/PEB/enveloppe/101

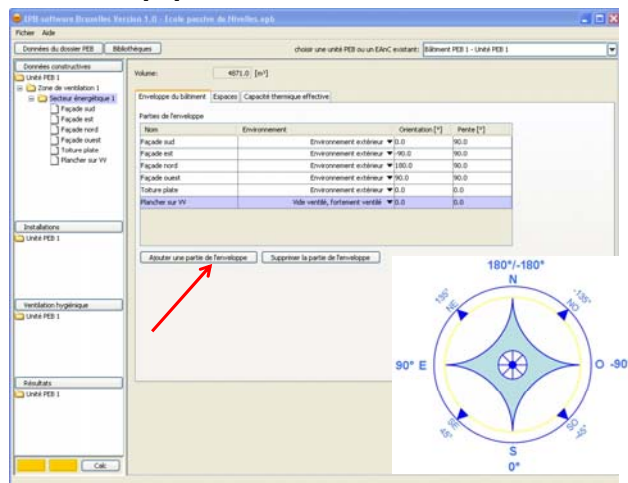
## Application: tertiaire



Ajouter un « Secteur énergétique » dans la zone de ventilation.  
Introduire le volume du secteur énergétique.

25-10-2010/PEB/enveloppe/102

## Application: tertiaire

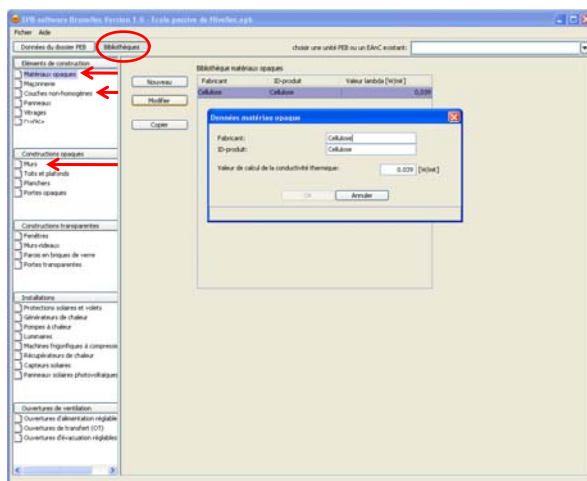


Ajouter les « Parties d'enveloppe » (combinaisons environnement/pente/orientation) du secteur énergétique.

25-10-2010/PEB/enveloppe/103



## Application: tertiaire



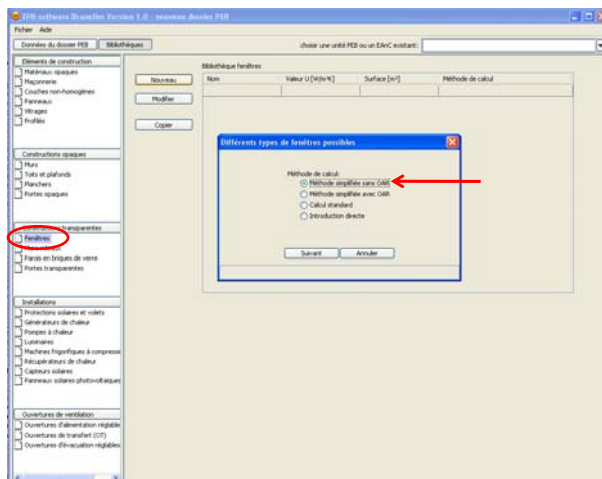
Dans le cadre de l'exercice pratique, le mur extérieur en ossature bois sera encodé de manière détaillée, les autres parois seront encodées de manière « directe », par leur valeur U. Pour ce faire, la cellulose devra être définie comme matériau opaque, et la couche non-homogène composée de bois et de cellulose également.

Dans la Bibliothèque → Définir les matériaux et parois

25-10-2010/PEB/enveloppe/104



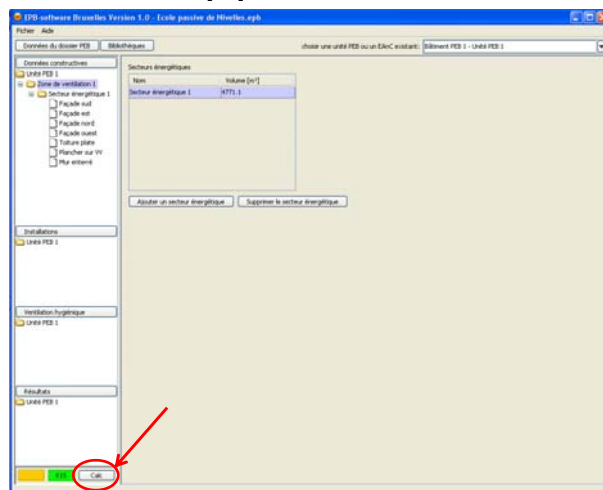
## Application: tertiaire



Dans la Bibliothèque → Définir des fenêtres avec la méthode simplifiée sans OAR.  
NB : Attention, le « Calcul standard » semble donner des résultats erronés !

25-10-2010/PEB/enveloppe/105

## Application: tertiaire



Au terme de l'introduction de toutes les parois de déperdition (composition, surface, ...), appuyer sur « Calc », en bas à gauche pour calculer le niveau K.

25-10-2010/PEB/enveloppe/106