

Formation  
Bâtiment Durable :  
**Rénovation à haute  
performance  
énergétique : détails  
techniques**

Bruxelles Environnement

**L'OUTIL THERM**

Pauline DE SOMER

CENERGIE



**BRUXELLES ENVIRONNEMENT**

IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

# Objectif(s) de la présentation

- Différentes méthodes de calcul des ponts thermiques
  - ▶ PEB
  - ▶ Software: THERM



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

*Théorie*

*Aperçu des fonctions*

*Créer un modèle*

*Calculer la valeur psi*

*Exercice*

*Liens*

PEB → PPT ATELIER PEB



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

## ***Théorie***

*Aperçu des fonctions*

*Créer un modèle*

*Calculer la valeur psi*

*Exercice*

*Liens*

PEB → PPT ATELIER PEB



# THERM - théorie

- « THERM permet une analyse de la transmission thermique en deux dimensions, basée sur la méthode des éléments finis, et ainsi une modélisation des géométries complexes des produits de la construction. »

(<http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>)

- Logiciel gratuit
- Logiciel validé

→ Document d'information P198 du projet européen ASIEPI – ([www.asiepi.eu](http://www.asiepi.eu))



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

*Théorie*

***Aperçu des fonctions***

*Créer un modèle*

*Calculer la valeur psi*

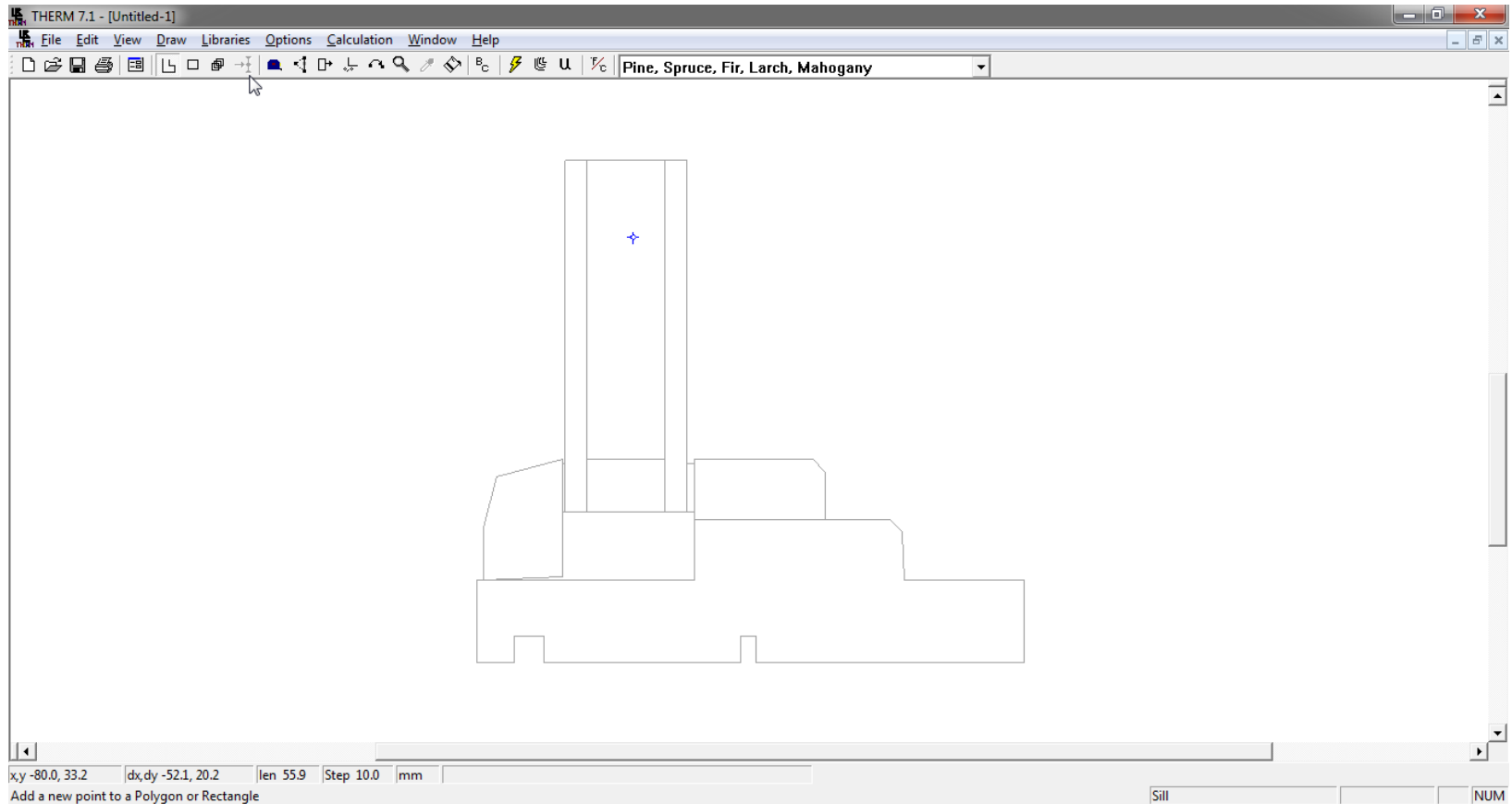
*Exercice*

*Liens*

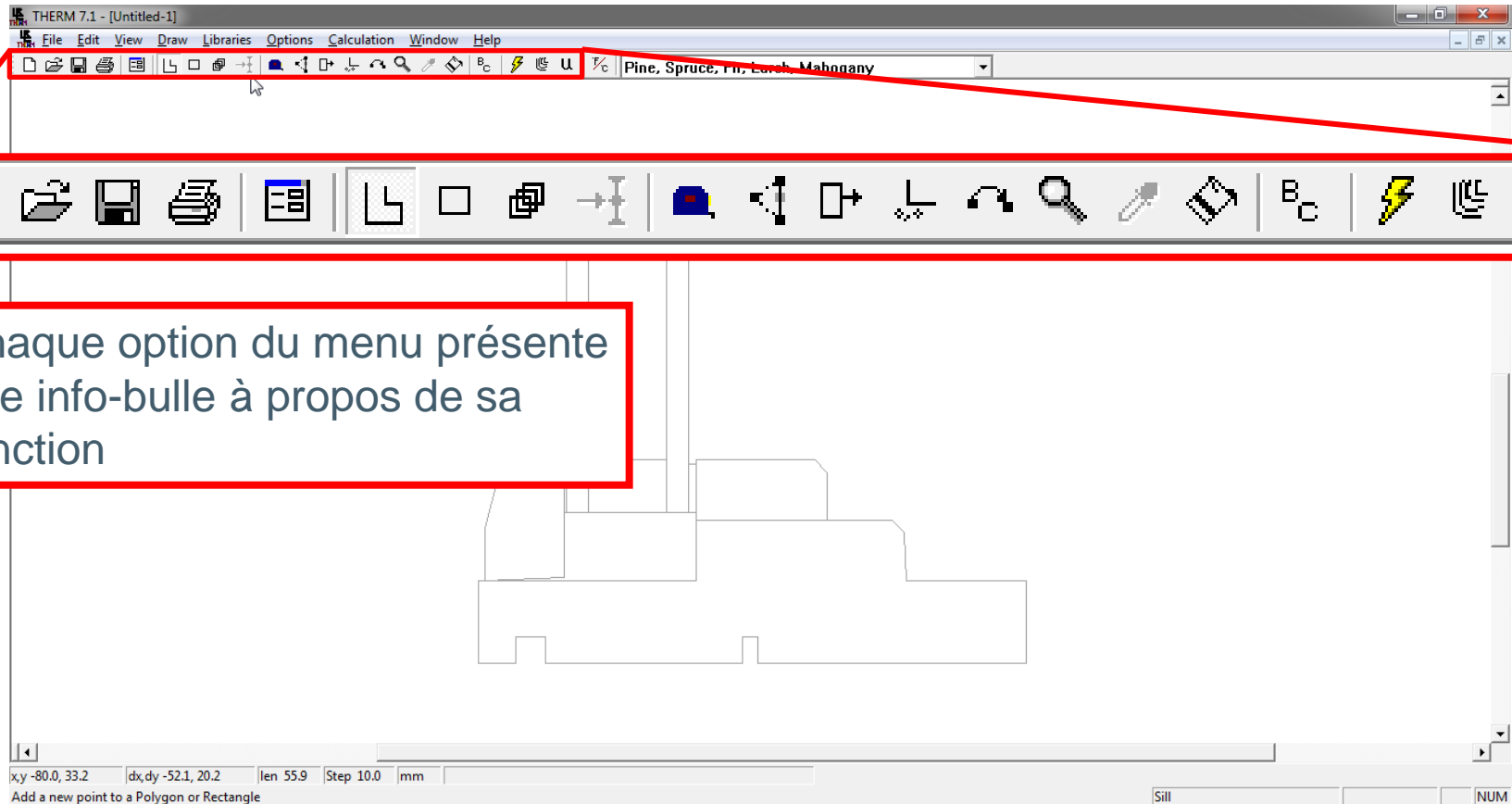
PEB → PPT ATELIER PEB



# THERM - aperçu des fonctions

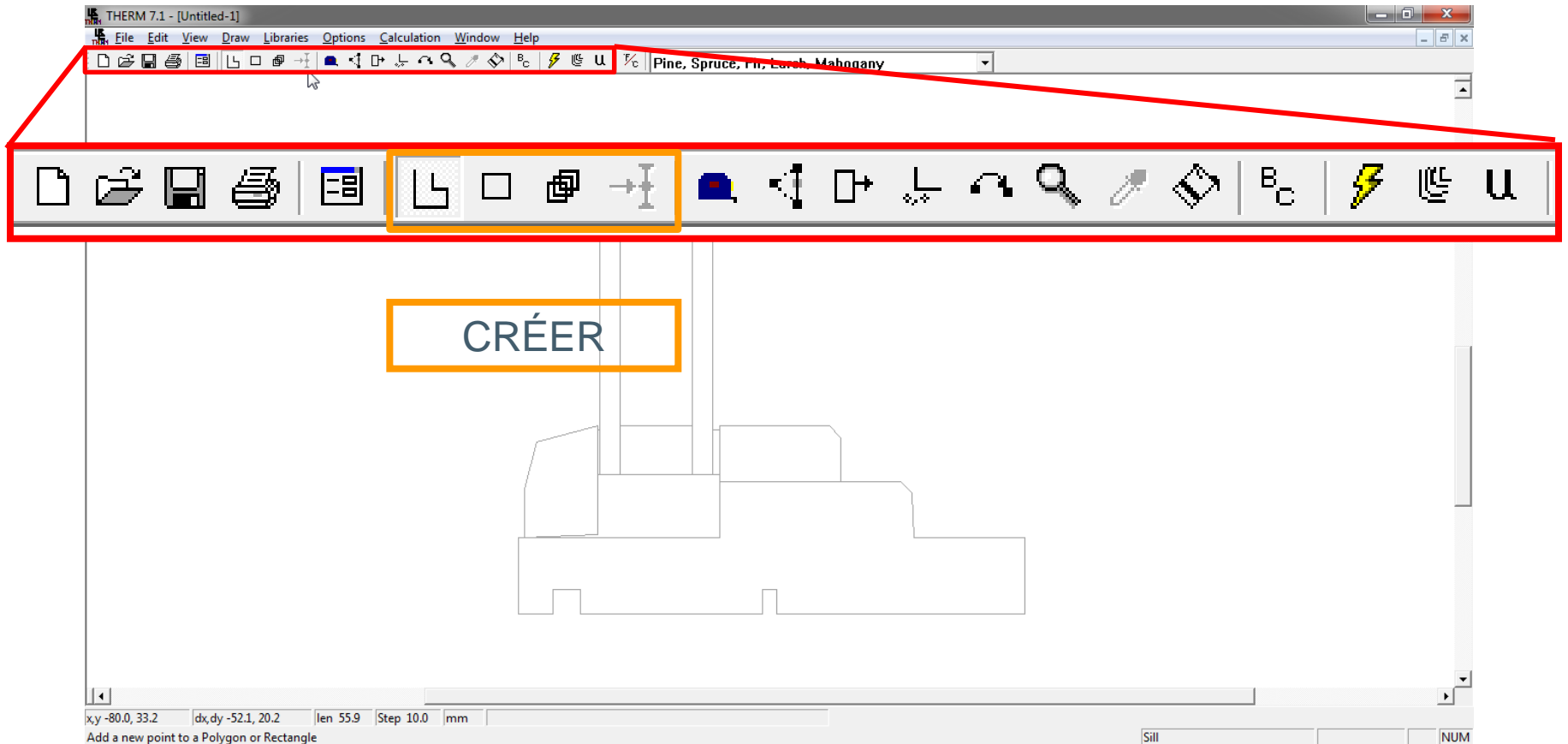


# THERM - aperçu des fonctions

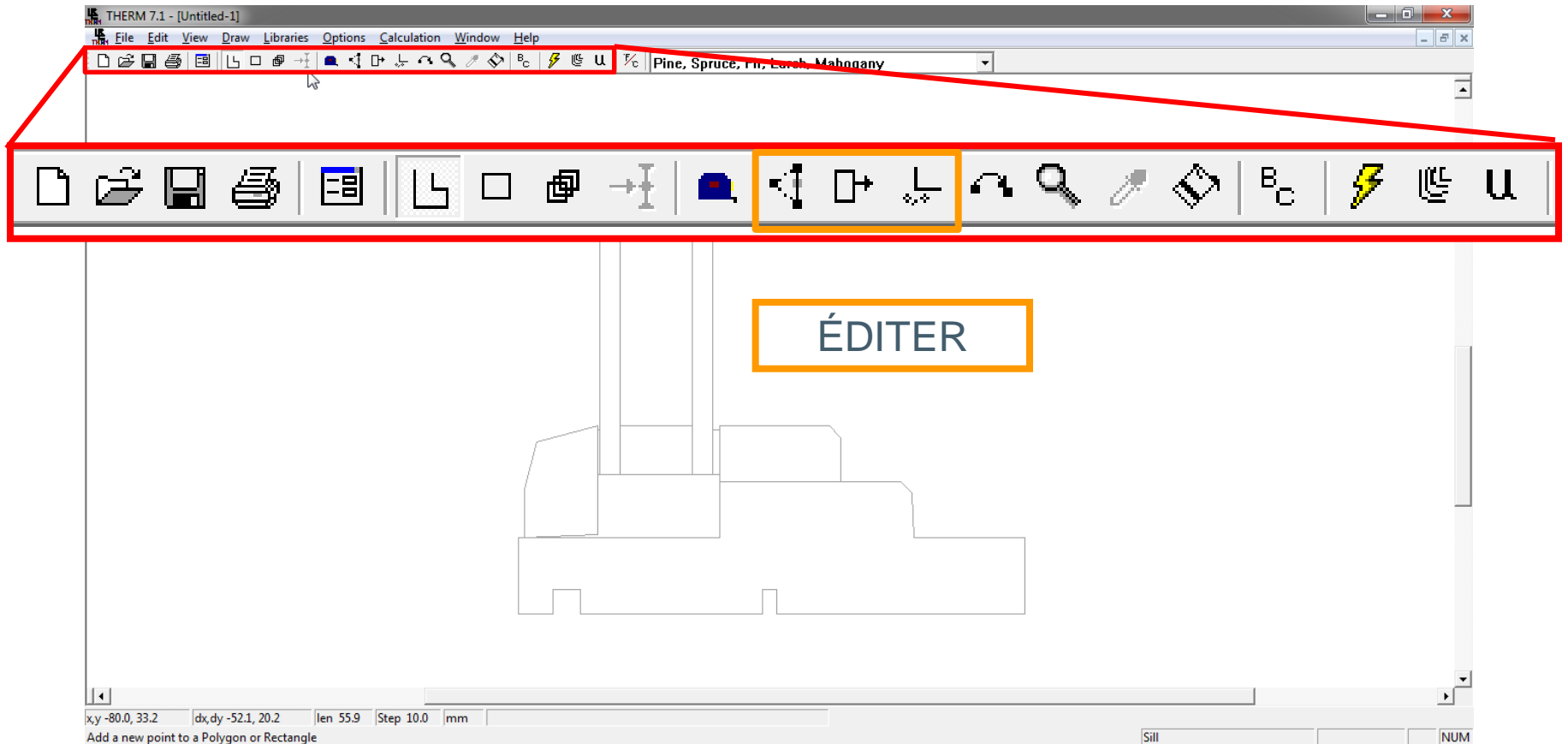




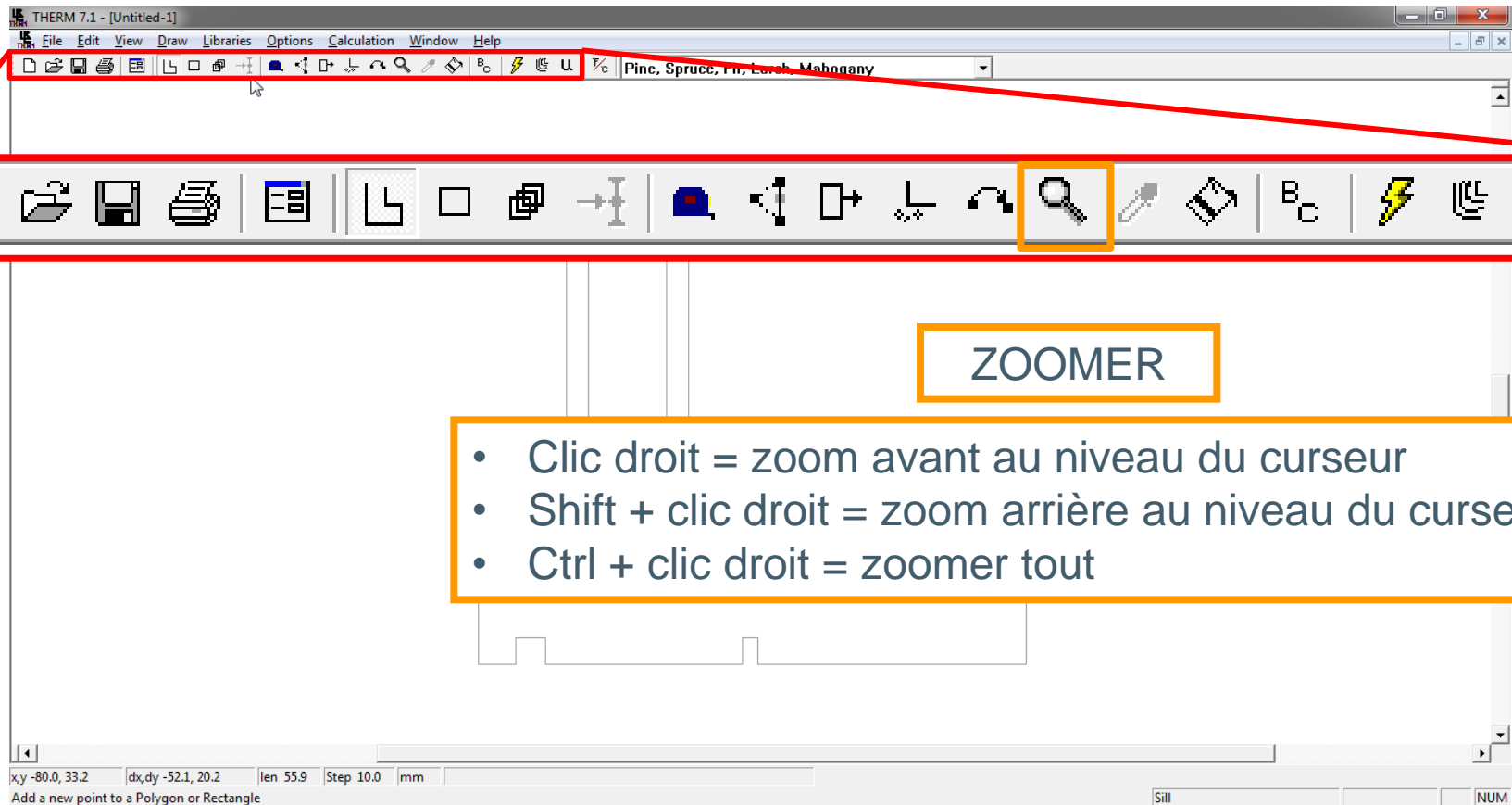
# THERM - aperçu des fonctions



# THERM - aperçu des fonctions



# THERM - aperçu des fonctions



# THERM - aperçu des fonctions

Conditions limites

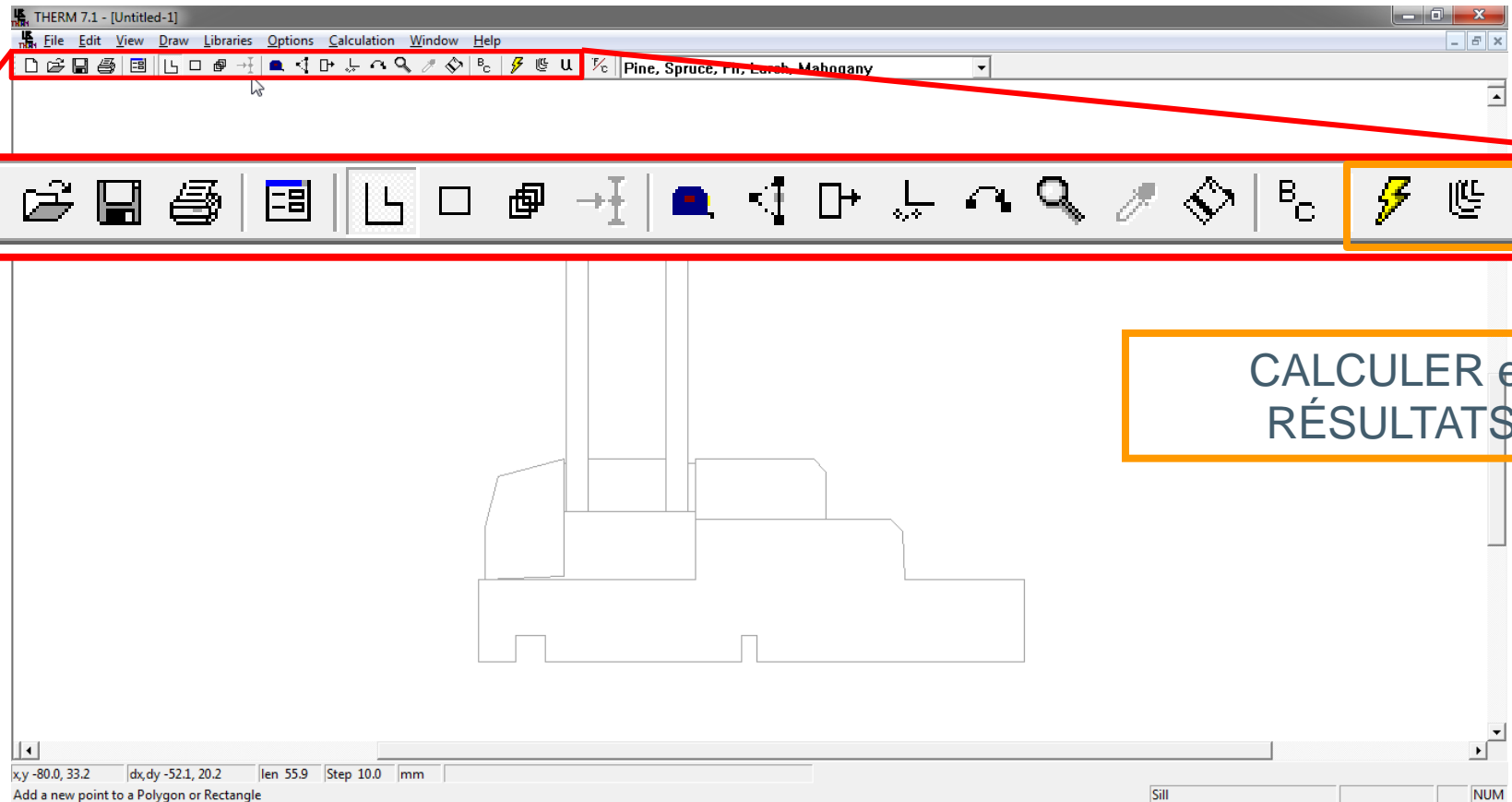
	Direction du flux de chaleur		
	ascendant	horizontal <sup>(1)</sup>	descendant
$R_{si}$ [ $m^2K/W$ ]	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$ [ $m^2K/W$ ]	0,04	0,04	0,04

(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  $R_{si}$  et  $R_{se}$  (en  $m^2K/W$ )



# THERM - aperçu des fonctions



CALCULER et  
RÉSULTATS



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

*Théorie*

*Aperçu des fonctions*

**Créer un modèle**

*Calculer la valeur psi*

*Exercice*

*Liens*

PEB → PPT ATELIER PEB



# THERM - créer un modèle

- Dessiner de 3 manières :

1. Dessin libre : sélectionnez



2. Cache : File > Underlay... > sélectionnez dwg/dxf et redessinez comme ci-dessus

3. Coordonnées : sélectionnez

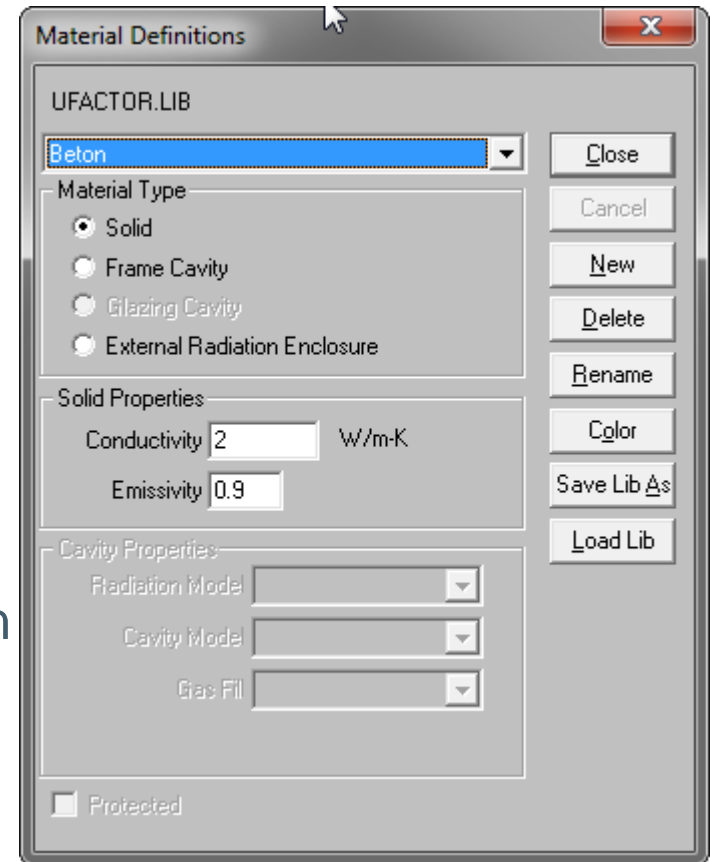


- › Sélectionnez le point de départ (clic ou Enter)
- › Saisissez le nombre, sélectionnez la direction et Enter :  
« 100 → Enter »  
ou « 15 ↑ Enter »



# THERM - créer un modèle

- Indiquer les matériaux
  - ▶ Librairies → Material Library
  - ▶ Sélectionnez un nom
  - ▶ Saisissez le coefficient de conductivité thermique
  - ▶ Puissance rayonnée : 0,9 est ok pour matériaux de construction
  - ▶ Choisissez la couleur

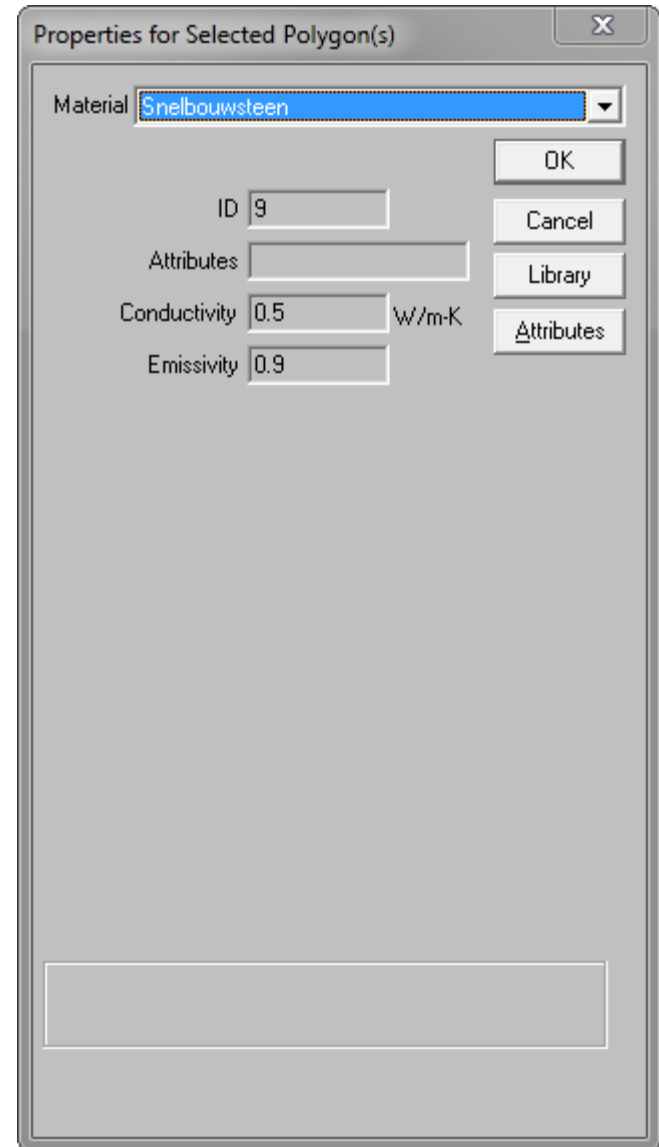




# THERM - créer un modèle

- Attribuer les matériaux
  - ▶ Double-cliquez\* sur une surface du pont thermique
  - ▶ Choisissez le matériau

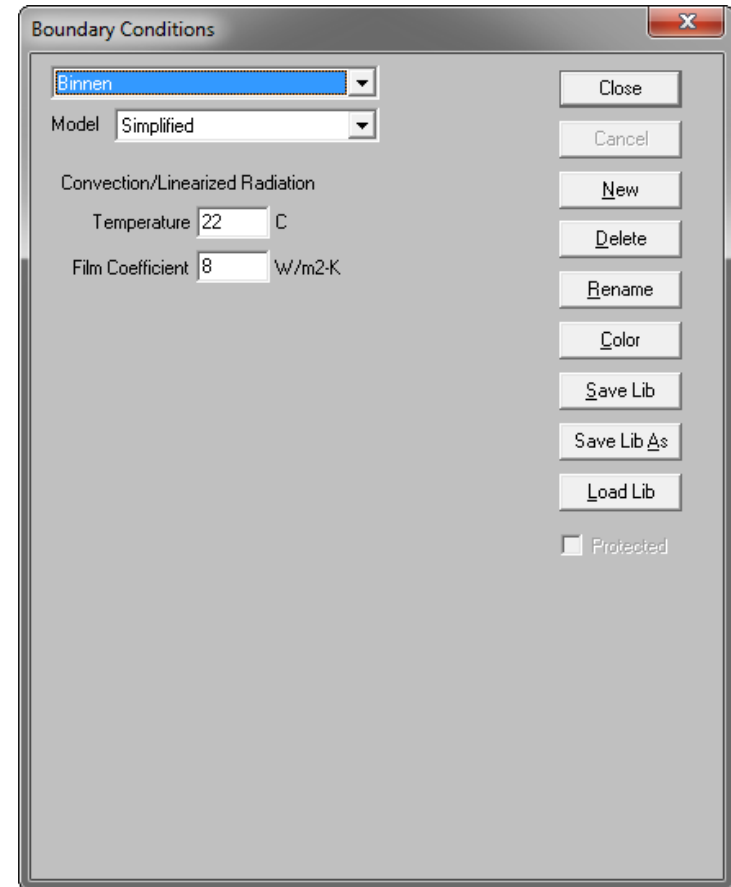
\* Un clic simple fonctionne aussi et Choix par menu contextuel



# THERM - créer un modèle

- Créer les conditions limites :

- ▶ Libraries → Boundary Condition Library
- ▶ Donnez un nom
- ▶ Saisissez la température
- ▶ Saisissez le coefficient de surface = coefficient de transmission  $^{-1}$
- ▶ Choisissez la couleur




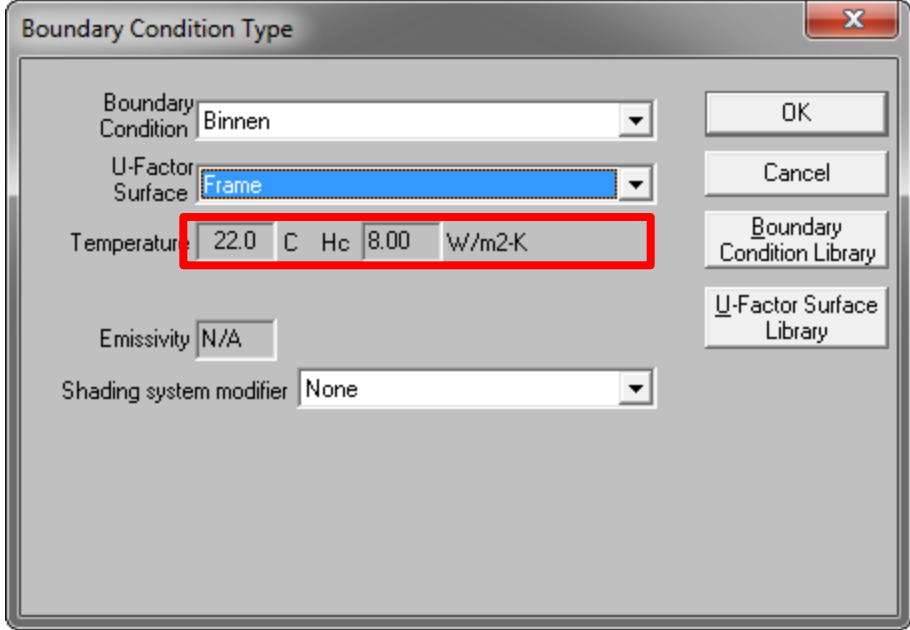
Condition limite	Température [°C]	Coefficient de surface [W/m <sup>2</sup> K]
Intérieur	20	8
Extérieur	-10	25



# THERM - créer un modèle

- Attribuer une condition limite

- ▶ Cliquez sur 
- ▶ Double-cliquez\* sur une limite du pont thermique
- ▶ Choisissez la condition limite et éventuellement le coefficient U



Boundary Condition Type

Boundary Condition: Binnen

U-Factor Surface: Frame

Temperature: 22.0 C Hc 8.00 W/m2-K

Emissivity: N/A

Shading system modifier: None

OK

Cancel

Boundary Condition Library

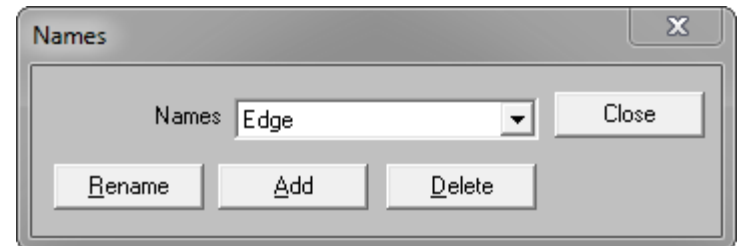
U-Factor Surface Library

\* Un clic simple fonctionne aussi et Choix par menu contextuel



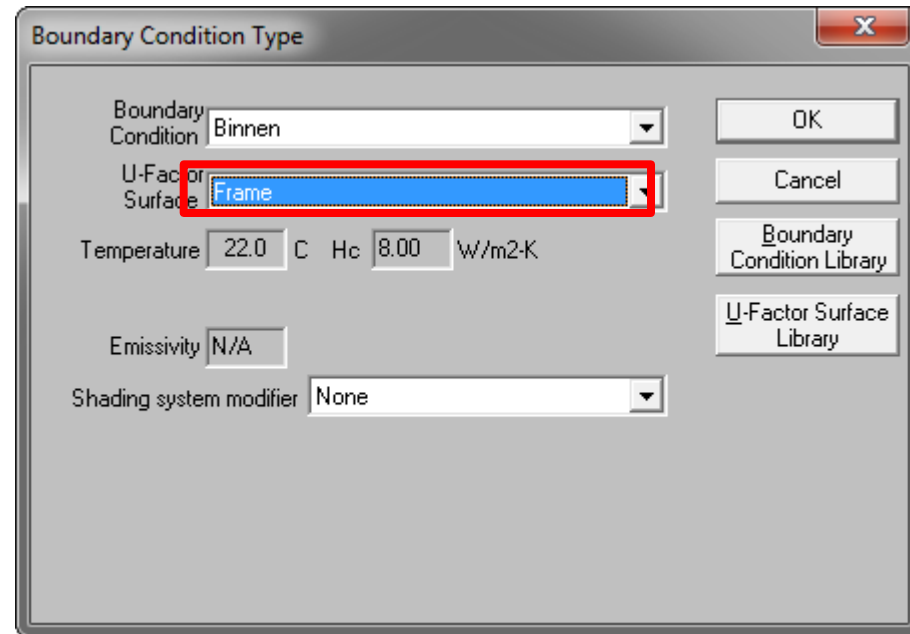
# THERM - créer un modèle

- Détermine la surface sur laquelle la perte de chaleur est calculée
- Créer des coefficients U
  - ▶ Libraries → noms du coefficient U
  - ▶ Add → Donnez un nom



# THERM - créer un modèle

- Attribuer des coefficients U
  - ▶ Double-cliquez\* sur une extrémité du pont thermique
  - ▶ Sélectionnez U-Factor Surface



\* Un clic simple fonctionne aussi et Choix par menu contextuel



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

*Théorie*

*Aperçu des fonctions*

*Créer un modèle*

***Calculer la valeur psi***

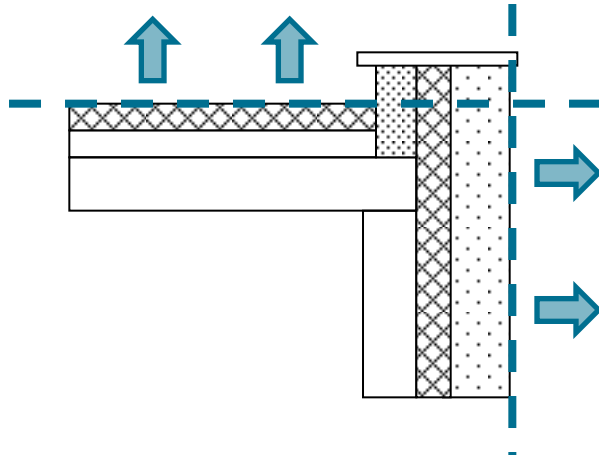
*Exercice*

*Liens*

PEB → PPT ATELIER PEB

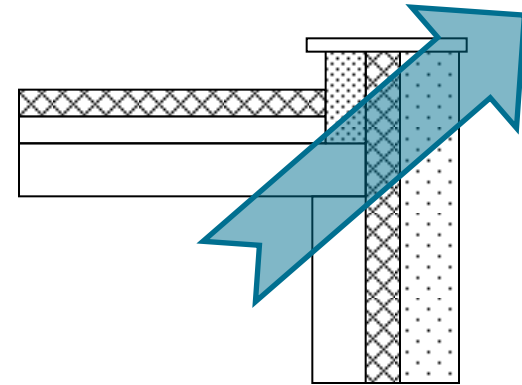


# THERM – calculer la valeur psi



Pertes de chaleur  
parois  
(1D)

Excel / PEB / PHPP



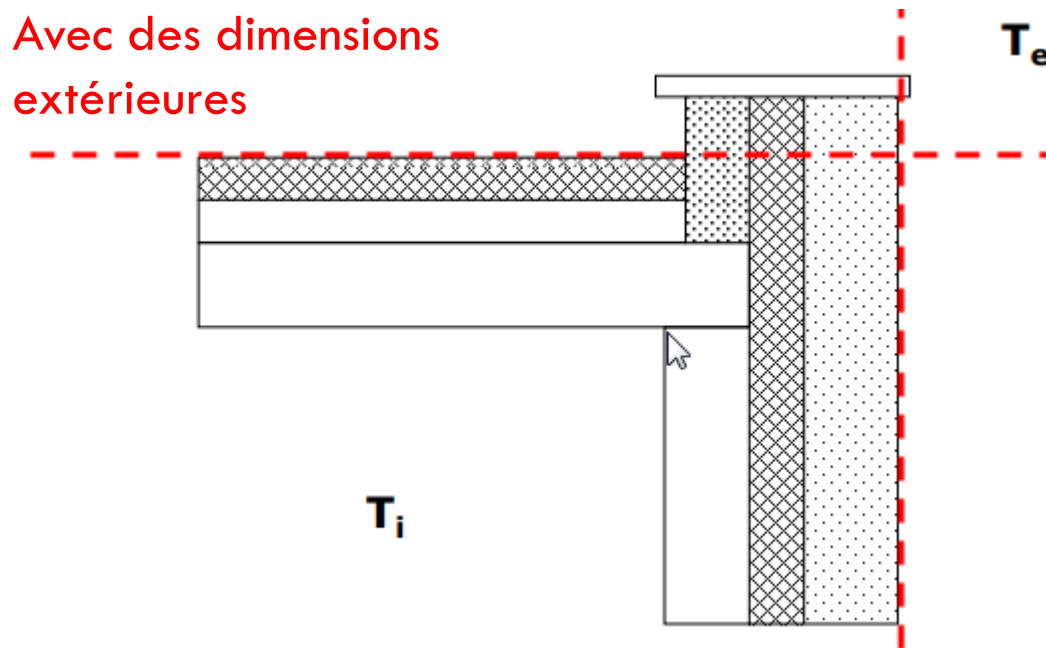
Pertes de chaleur  
ponts thermiques  
(2D ou 3D)

THERM



# THERM – calculer la valeur psi

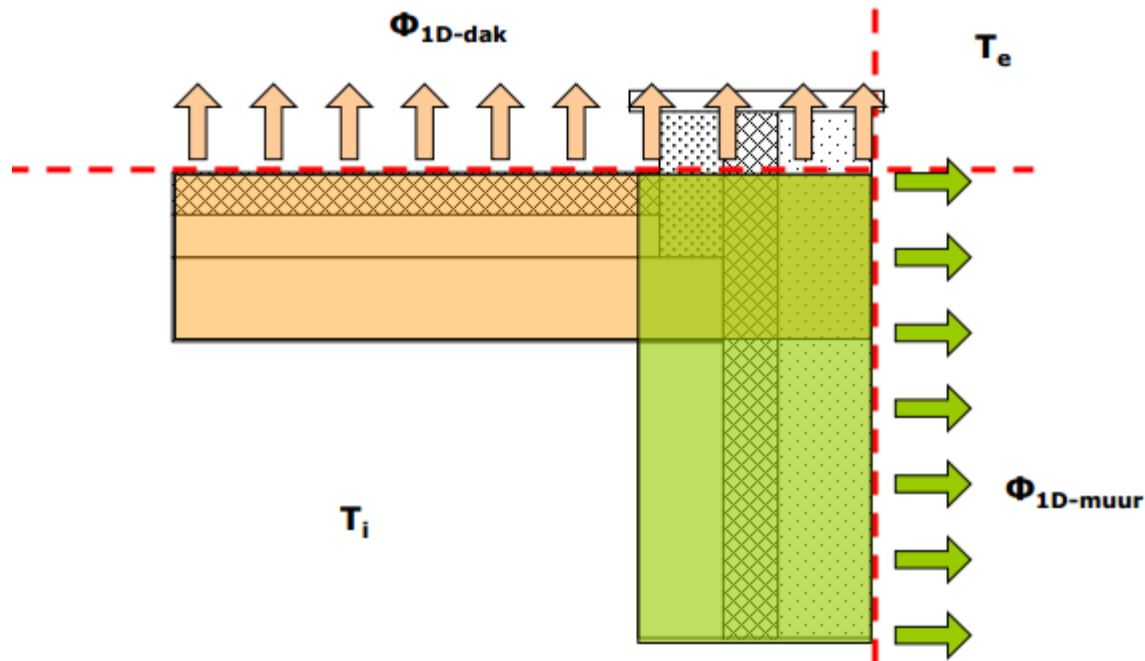
- Coefficient de transmission thermique linéaire  $\Psi_e$  [W/mK] = le terme de correction linéaire sur le flux de chaleur, calculé par une dimension référence, et une différence de température de 1 K.





# THERM – calculer la valeur psi

- Coefficient de transmission thermique linéaire  $\Psi_e$  [W/mK] = le **terme de correction** linéaire sur le flux de chaleur, calculé par **une dimension référence**, et une différence de température de 1 K.



# THERM – calculer la valeur psi

La valeur  $\Psi_e$  est ensuite définie comme (explication des termes de la Figure 7.1) :

$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} - \frac{U_1 A_1}{L} - \frac{U_2 A_2}{L} \quad \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

avec

$\Phi_{2D}$  [W]:

Le flux thermique stationnaire global en deux dimensions qui quitte l'environnement intérieur, calculé à l'aide du logiciel numérique validé ;

$L$  [m]:

Longueur sur laquelle le pont thermique linéaire est modélisé ;

$\theta_i - \theta_e$  [K]:

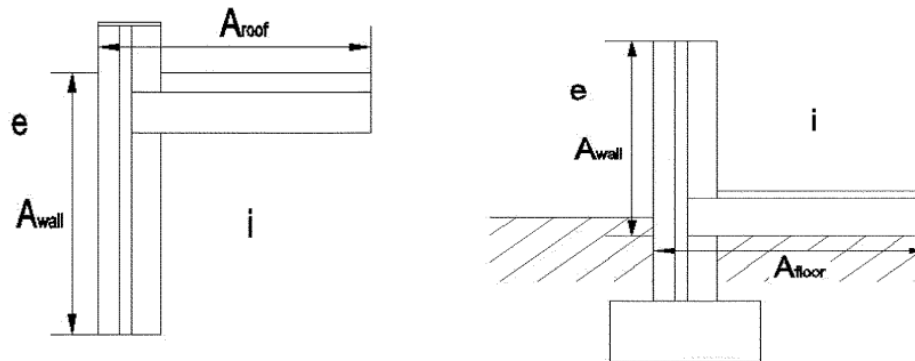
Écart de température entre les environnements intérieur et extérieur ;

$U_1$  [W/m<sup>2</sup>K]:

Coefficient de transmission thermique de la paroi entre les environnements intérieur et extérieur ;

$A_1$  [m<sup>2</sup>):

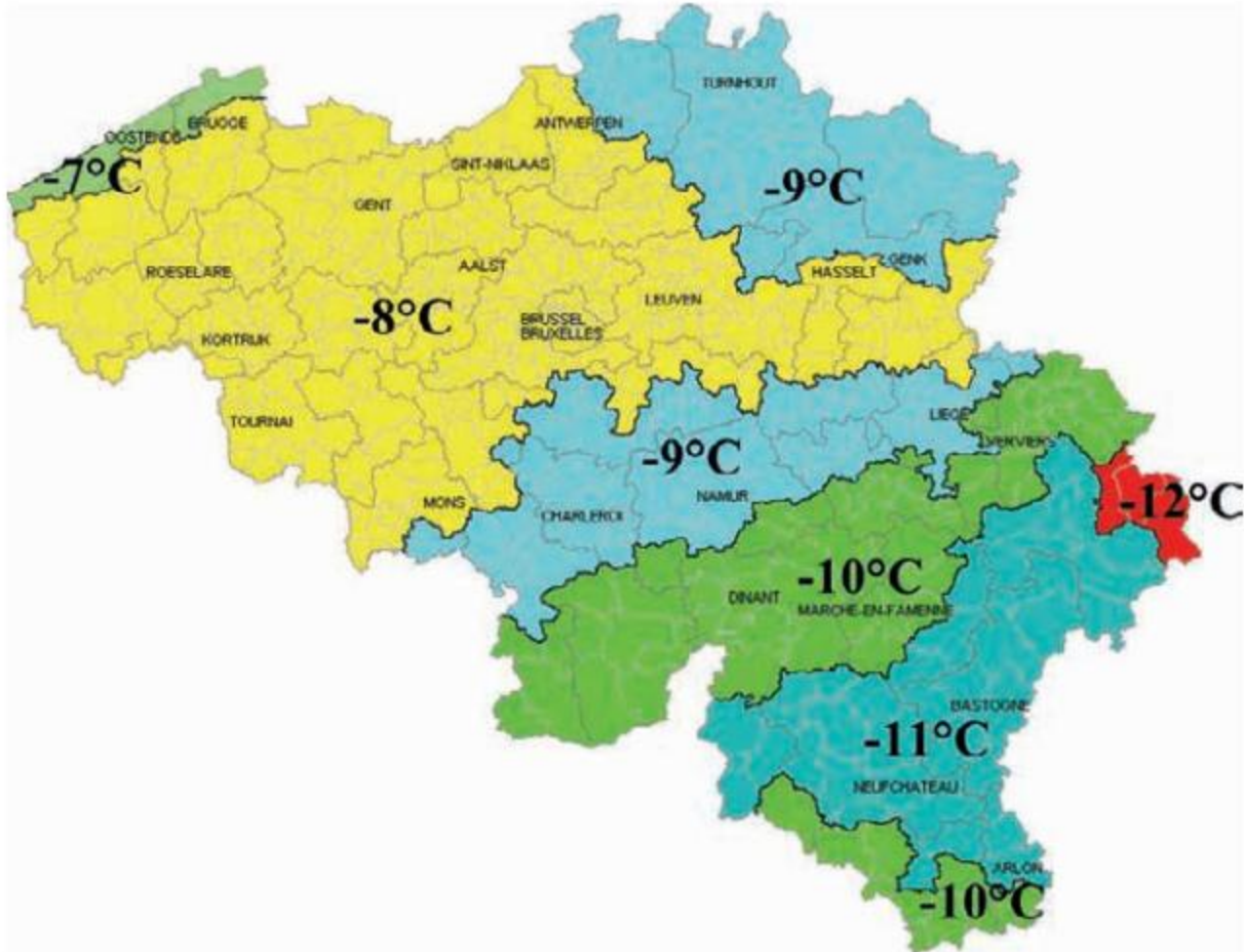
Superficie de la paroi entre les environnements intérieur et extérieur, sur la base des dimensions extérieures.



Source : MB du 1 décembre Annexe 4 Annexe 5 : calculs numériques validés



# THERM – calculer la valeur psi



Bron: [fc.constructiv.be/~media/Files/Shared/FVB/Centrale%20verwarming/NL/MODULE%204\\_CV-deel1B\\_Warmtevermogen-praktijk2013\\_for\\_web2.pdf](http://fc.constructiv.be/~media/Files/Shared/FVB/Centrale%20verwarming/NL/MODULE%204_CV-deel1B_Warmtevermogen-praktijk2013_for_web2.pdf)

# THERM – calculer la valeur psi

Tableau 3 Valeurs limites des coefficients de conductivité linéiques  $\Psi_e$

	$\Psi_{e,lim}$
1. ANGLE SORTANT (1)(2) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 murs</li> <li>• Autres angles sortants</li> </ul>	-0.10 W/m.K 0.00 W/m.K
2. ANGLE RENTRANT (3)	0.15 W/m.K
3. RACCORDS aux FENÊTRES et aux PORTES	0.10 W/m.K
4. APPUI DE FONDATION	0.05 W/m.K
5. BALCONS - AUVENTS	0.10 W/m.K
6. RACCORDS DE PAROIS D'UN MÊME VOLUME PROTÉGÉ OU ENTRE 2 VOLUMES PROTÉGÉS DIFFÉRENTS AVEC UNE PAROI DE LA SURFACE DE DÉPERDITION	0.05 W/m.K
7. TOUS LES NŒUDS QUI N'ENTRENT PAS DANS LES CATÉGORIES 1 à 6	0.00 W/m.K
(1) A l'exception d'appui de fondation (2) Pour un "angle sortant", l'angle $\alpha$ -mesuré entre les deux faces extérieures de la paroi de la surface de déperdition- doit satisfaire à : $180^\circ < \alpha < 360^\circ$ . (3) Pour un "angle rentrant", l'angle $\alpha$ -mesuré entre les deux faces extérieures de la paroi de la surface de déperdition- doit satisfaire à : $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ .	

$\Psi < \psi_{lim}$   
PEB conforme



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

*Théorie*

*Aperçu des fonctions*

*Créer un modèle*

*Calculer la valeur psi*

**Exercice**

*Liens*

PEB → PPT ATELIER PEB

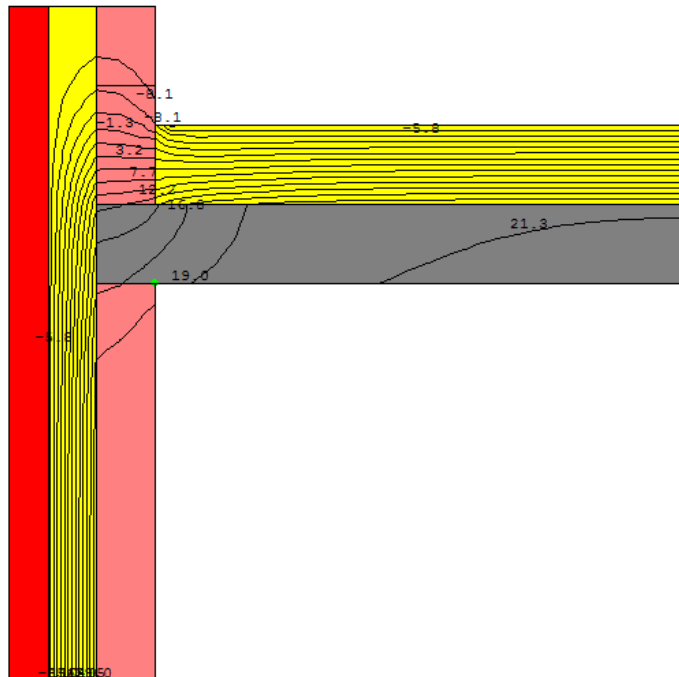


# THERM – exercice

- Exercice:

- ▶ Calcul des valeurs  $\psi$  ou  $\chi$  des nœuds constructifs suivants avec Therm.
- ▶ Type 1: détail toiture sans interposition d'éléments isolants  
→ Pas PEB conforme

$\psi = 0,266 \text{ W/mK}$

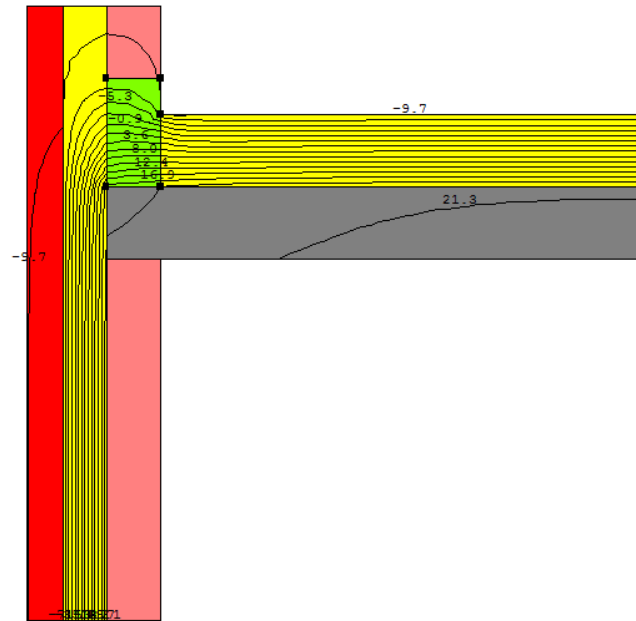


# THERM – exercice

- Exercice

- ▶ Calcul des valeurs  $\psi$  ou  $\chi$  des nœuds constructifs suivants avec Therm.
- ▶ Type 2: détail toiture avec interposition d'éléments isolants ( $\lambda = 0,15 \text{ W/mK}$ )  $\rightarrow$  PEB conforme ( $R = 0,30 \text{ m} / 0,15 \text{ W/mK} = 2 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

$\Psi = -0,002 \text{ W/mK}$







# THERM – exercice

Le coefficient de transmission thermique linéaire est alors égal à :

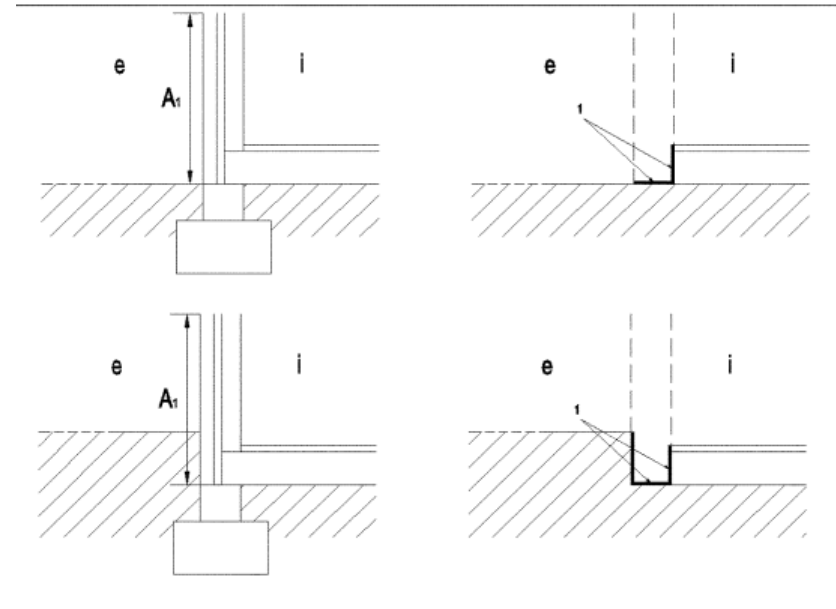
$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} - \frac{A_1 U_1}{L} - \frac{\Phi_{2D,a}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} \quad \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

avec

- $\Phi_{2D}$  [W]: le flux thermique stationnaire global en deux dimensions qui quitte l'environnement intérieur, calculé à l'aide du logiciel numérique validé ;
- $L$  [m]: longueur sur laquelle le pont thermique linéaire est modélisé ;
- $\theta_i - \theta_e$  [K]: écart de température entre les environnements intérieur et extérieur ;
- $A_1$  [m]: superficie du mur entre les environnements intérieur et extérieur, sur la base des dimensions extérieures ;
- $U_1$  [W/m<sup>2</sup>K]: coefficient de transmission thermique du mur ;
- $\Phi_{2D,a}$  [W]: flux thermique stationnaire global en deux dimensions qui quitte l'environnement intérieur, calculé à l'aide du logiciel numérique validé, sur la base du modèle qui doit être adapté comme suit :
- ✓ négligence de tous les massifs de fondation et/ou isolation périphérique en les remplaçant par de la terre ayant une conductivité thermique de 2 W/mK ;
  - ✓ application de conditions limites adiabatiques où le mur (qui se prolonge en principe jusqu'au bas de la dalle, y compris l'isolation du sol) est en contact avec le plancher sur sol plein ou le sol.

Figure 7.2 clarifie la manière dont le modèle doit être adapté.

2 MODÈLES !



# Méthode de calcul

VALEURS PAR DEFAUT

DETAILS TYPE

SIMULATION

LOGICIEL

EXEMPLES

THERM → PPT THERM

PPT THÉORIE NOEUDS  
CONSTRUCTIFS

*Théorie*

*Aperçu des fonctions*

*Créer un modèle*

*Calculer la valeur psi*

*Exercice*

**Liens**

PEB → PPT ATELIER PEB



# THERM – Liens

Ressources, sites web utiles, etc.

- THERM 6.3 <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>  
(la version 7 présente parfois des problèmes avec les conditions limites – 12/2013)
- Document de référence transmission  
[http://www.environnement.brussels/uploadedfiles/Contenu\\_du\\_site/Professionnels/Themes/%C3%89nergie/01\\_PEB\\_et\\_climat\\_int%C3%A9rieur/01Travaux\\_PEB/01\\_Qu\\_est\\_ce\\_que\\_les\\_travaux\\_PEB/AMB20121126\\_pertes%20par%20transmission\\_FR.pdf](http://www.environnement.brussels/uploadedfiles/Contenu_du_site/Professionnels/Themes/%C3%89nergie/01_PEB_et_climat_int%C3%A9rieur/01Travaux_PEB/01_Qu_est_ce_que_les_travaux_PEB/AMB20121126_pertes%20par%20transmission_FR.pdf)
- Fiche nœuds constructifs
- [http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF\\_Energie\\_NoeudsConstr\\_juin\\_2011\\_prof\\_FR.PDF](http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF_Energie_NoeudsConstr_juin_2011_prof_FR.PDF)
- Calcul numérique  
[http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/amb\\_20150506\\_method\\_peb2014\\_annex8\\_fr.pdf](http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/amb_20150506_method_peb2014_annex8_fr.pdf)



?



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



# Contact

**Pauline DE SOMER**

Conseillère en construction durable

☎ : 02/513.96.13

✉ : [pauline.desomer@cenergie.be](mailto:pauline.desomer@cenergie.be)



**CENERGIE**  
DE INTEGRALE AANPAK VOOR ENERGIE

