

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

Bruxelles Environnement

L'OUTIL THERM

Pierre DEMESMAECKER

ICEDD



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



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



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)



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

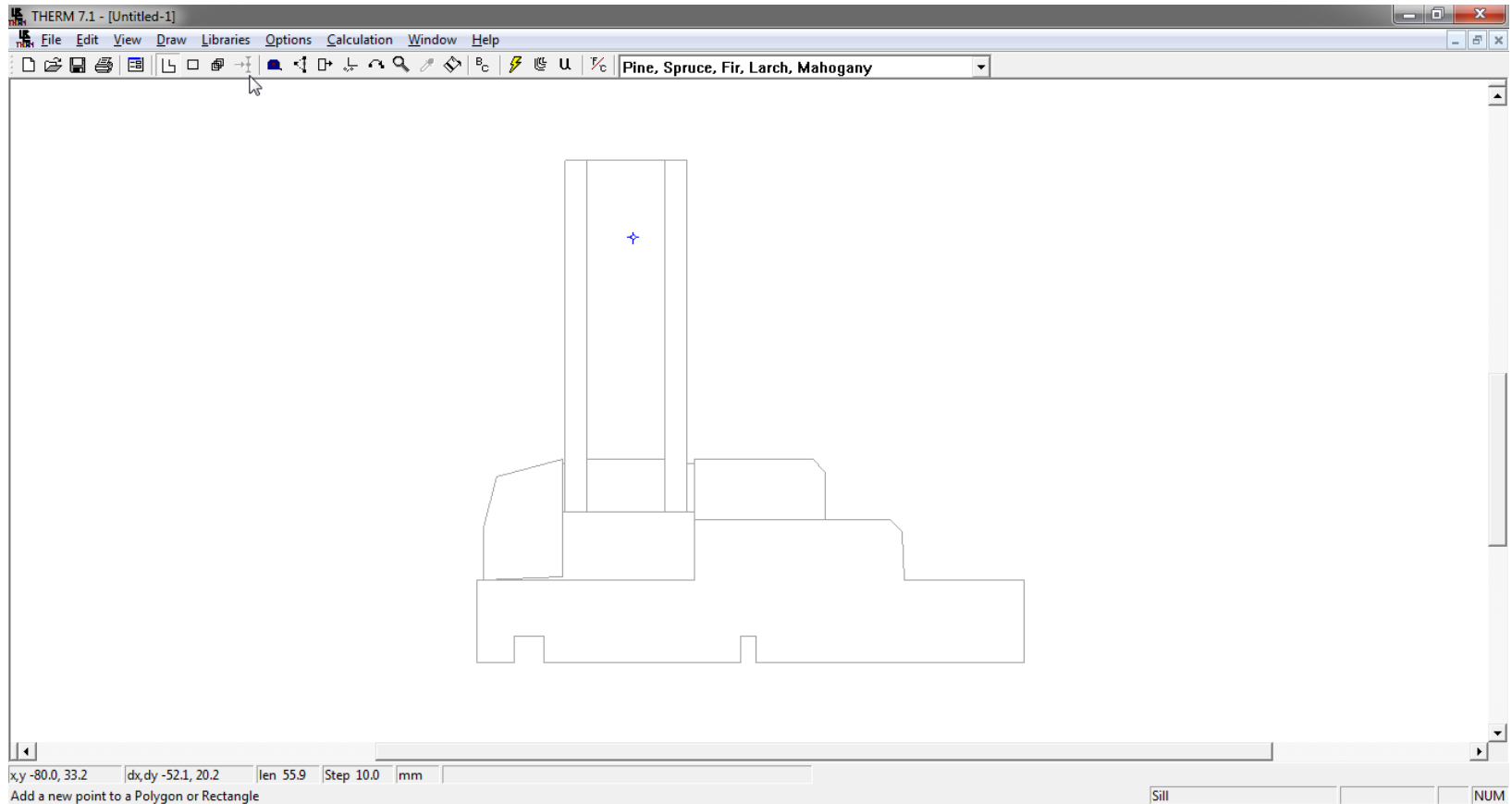
Calculer la valeur psi

Exercice

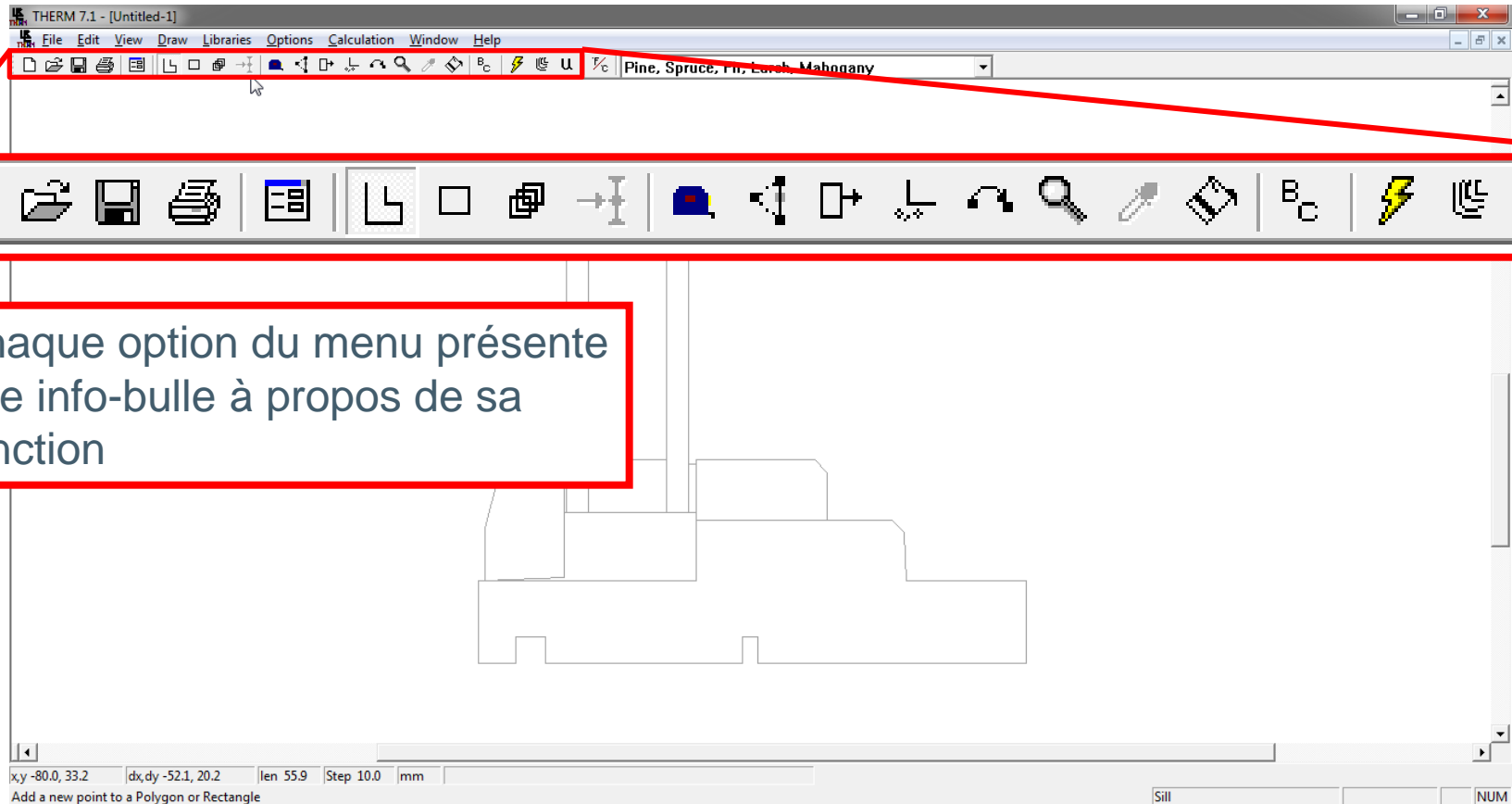
Liens



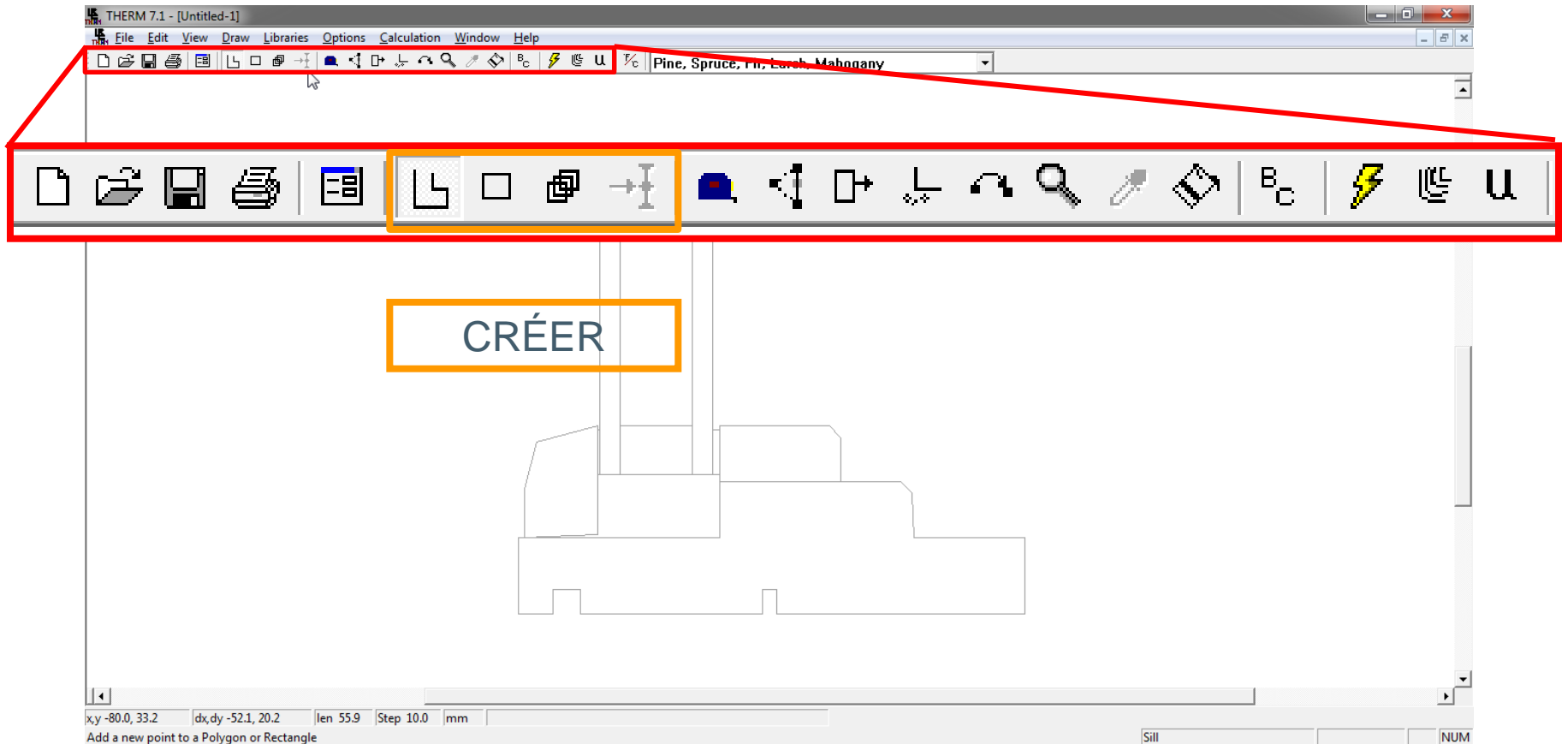
THERM - aperçu des fonctions



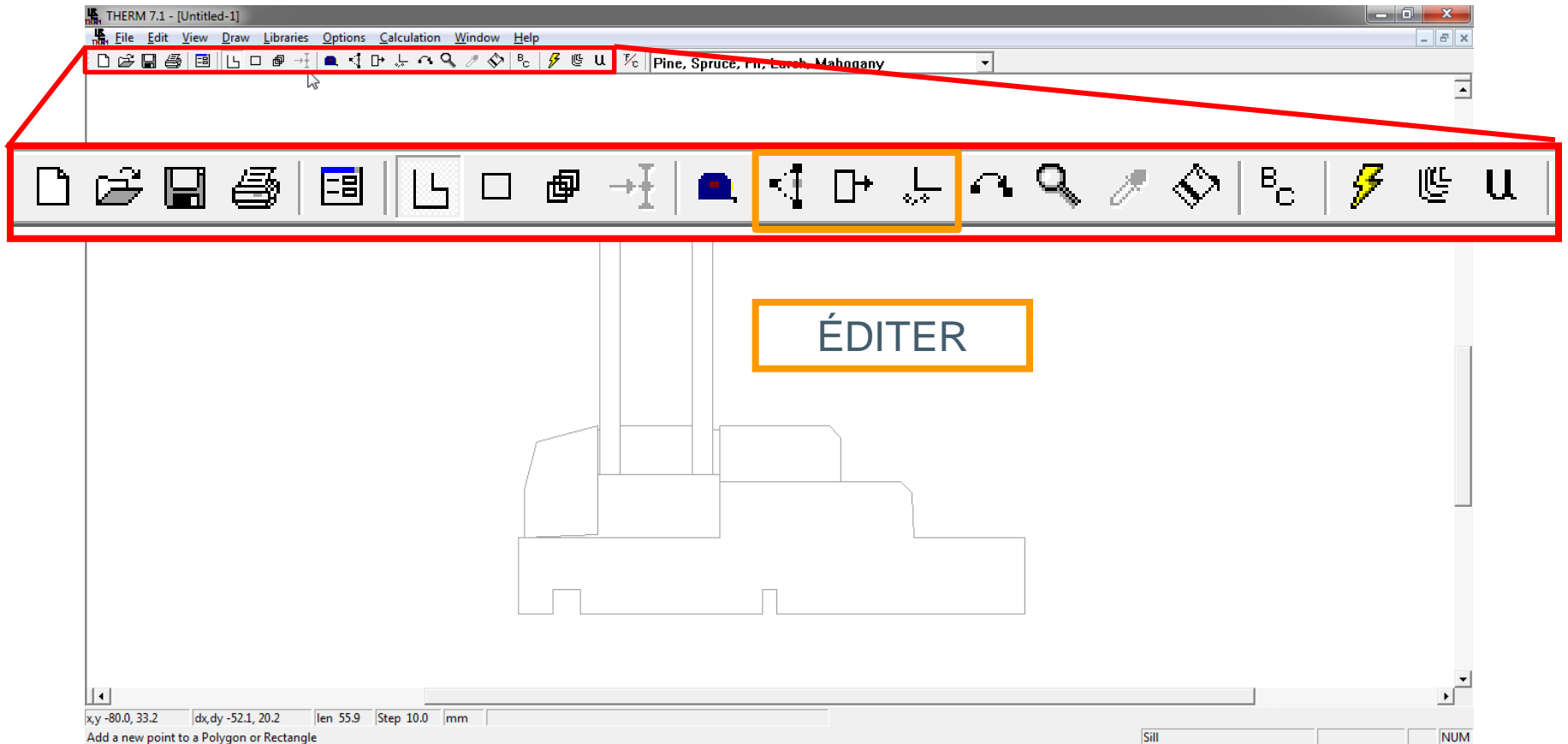
THERM - aperçu des fonctions



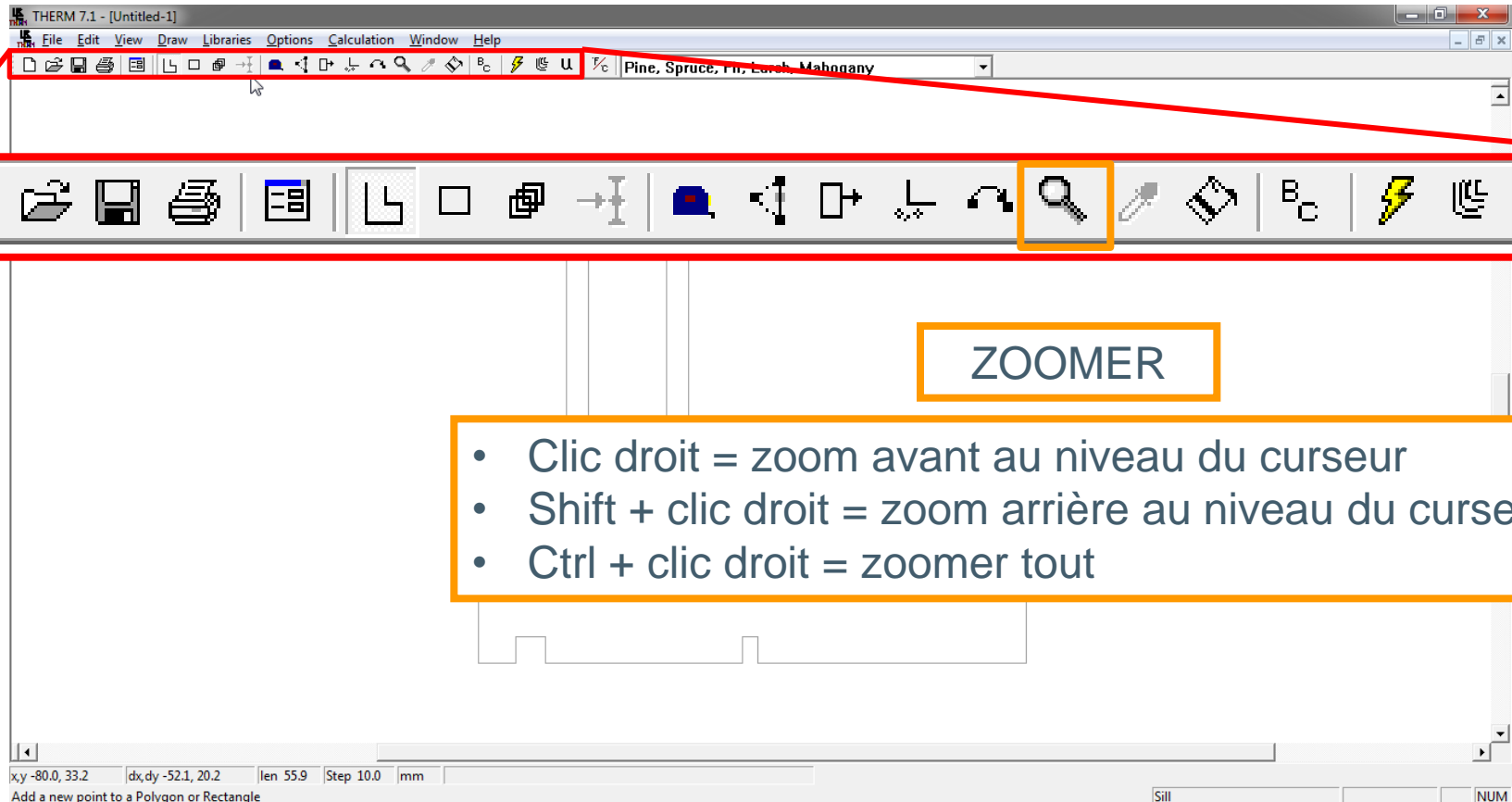
THERM - aperçu des fonctions



THERM - aperçu des fonctions



THERM - aperçu des fonctions



THERM - aperçu des fonctions

Conditions limites

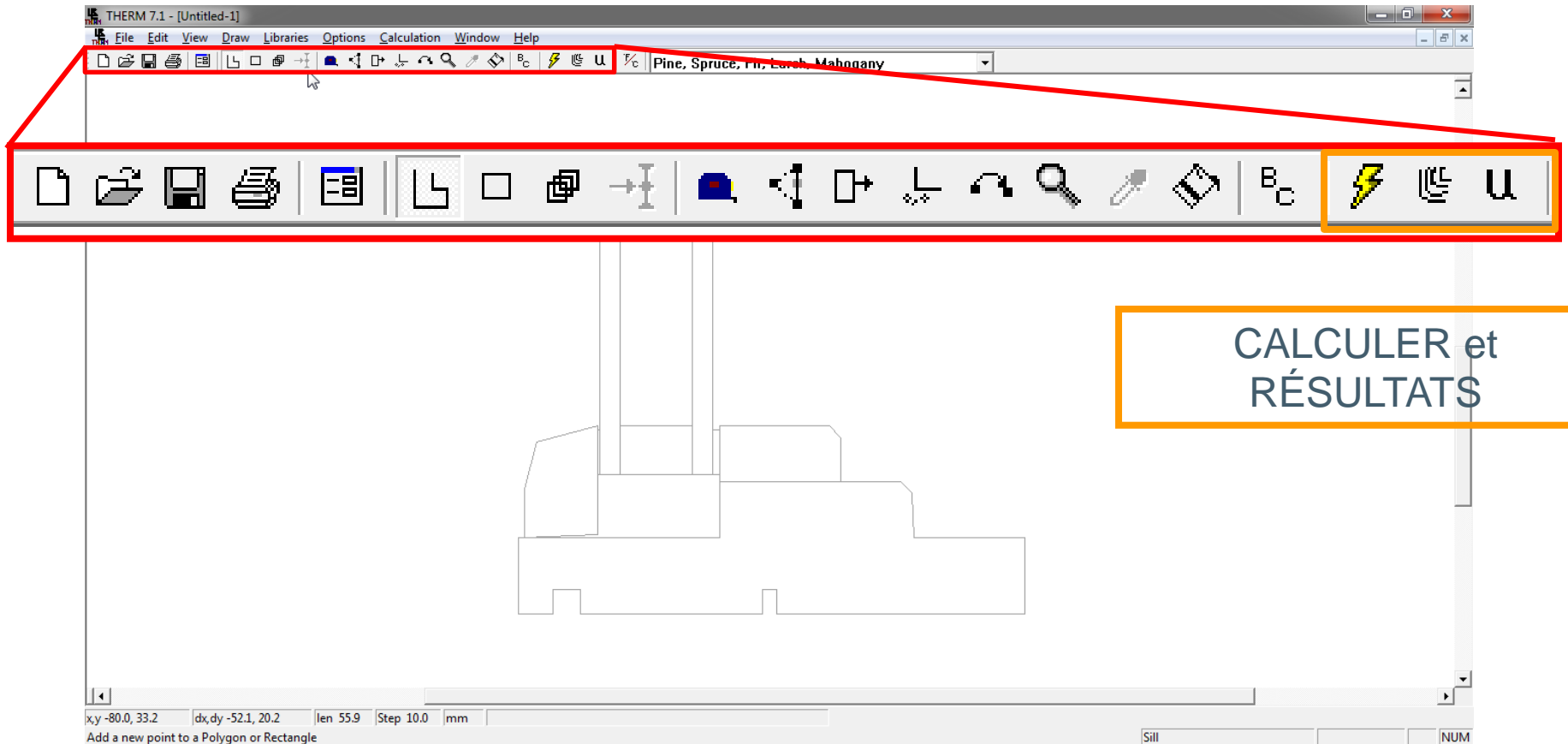
	Direction du flux de chaleur		
	ascendant	horizontal ⁽¹⁾	descendant
R_{si} [m^2K/W]	0,10	0,13	0,17
R_{se} [m^2K/W]	0,04	0,04	0,04

(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



THERM - créer un modèle

- Dessiner de 3 manières :

1. Dessin libre : sélectionnez



et cliquez avec la souris

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

3. Coordonnées : sélectionnez

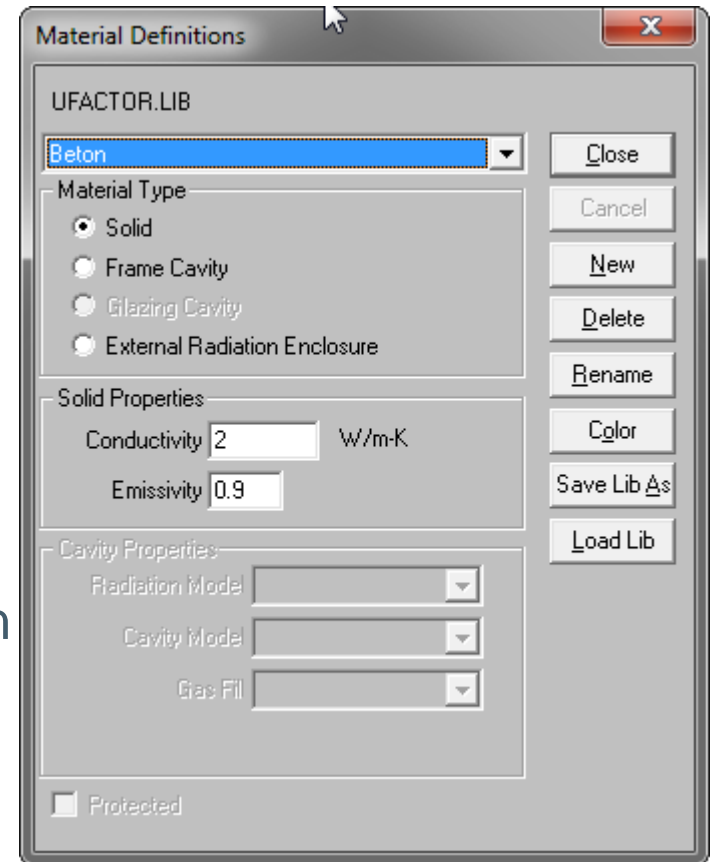


- › Sélectionnez le point de départ (clic ou Enter)
- › Saisissez le nombre, sélectionnez la direction et Enter :
« 100 → Enter »
ou « 15 ↑ Enter »



THERM - créer un modèle

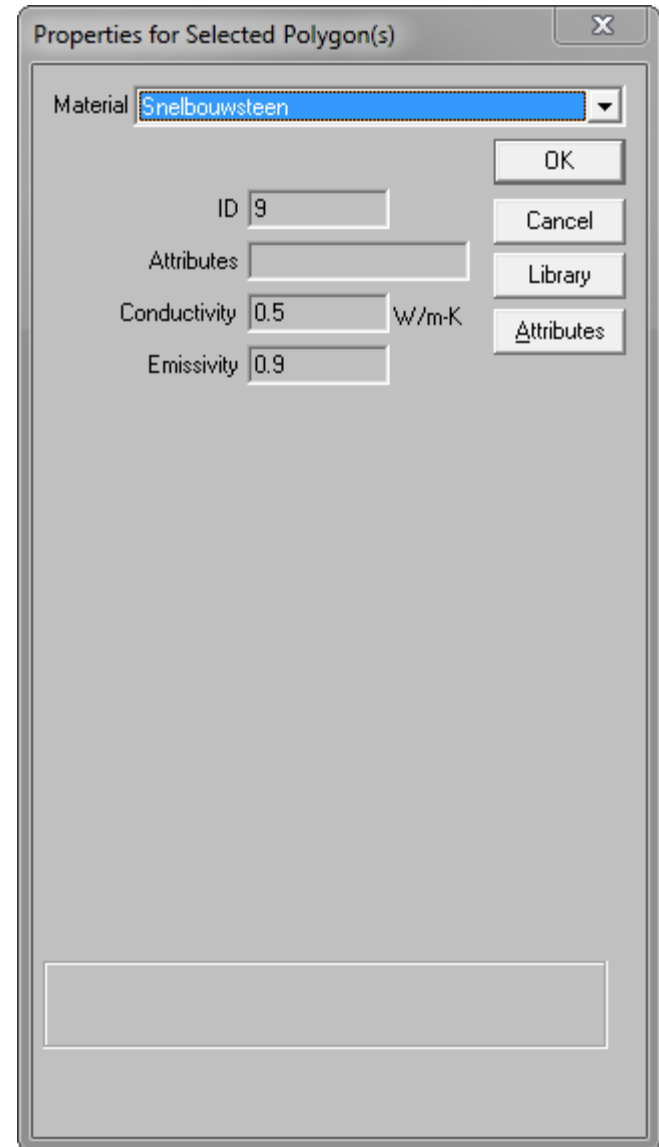
- Indiquer les matériaux
 - ▶ Librairies → Material Library
 - ▶ Sélectionnez un nom
 - ▶ Saisissez le coefficient de conductivité thermique
 - ▶ Puissance rayonnée : 0,9 est ok pour matériaux de construction
 - ▶ Choisissez la couleur



THERM - créer un modèle

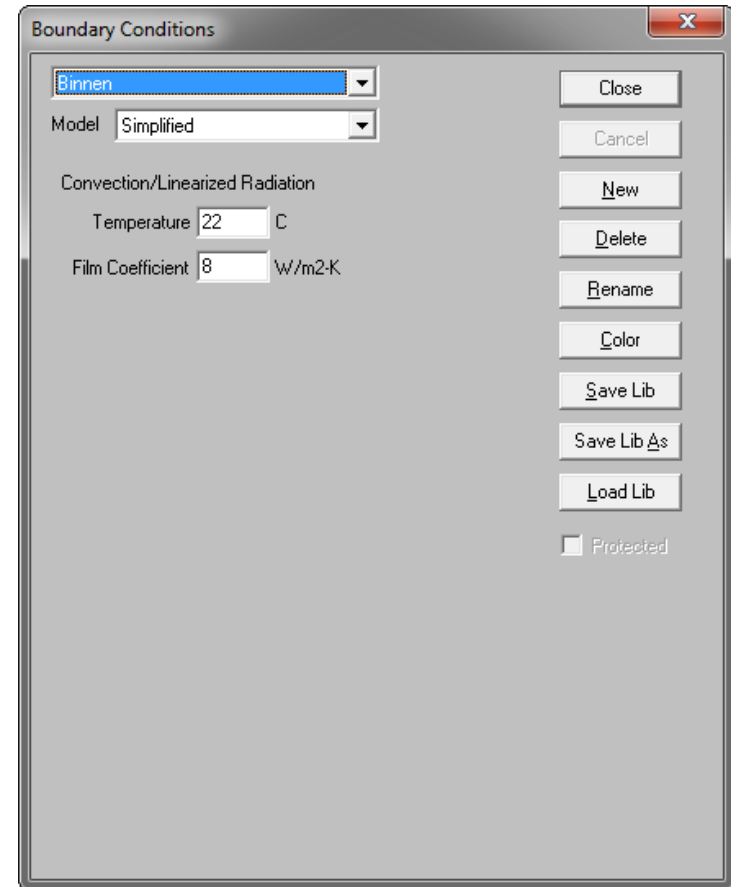
- Attribuer les matériaux
 - ▶ Double-cliquez* sur une surface du pont thermique
 - ▶ Choisissez le matériau

* 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




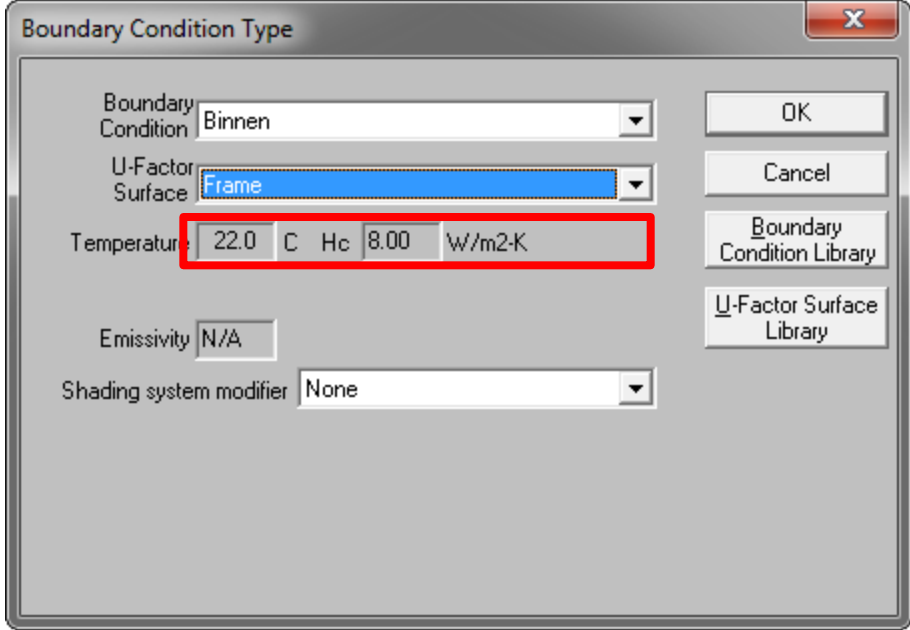
Condition limite	Température [°C]	Coefficient de surface [W/m ² K]
Intérieur	20	8
Extérieur	-10	25



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

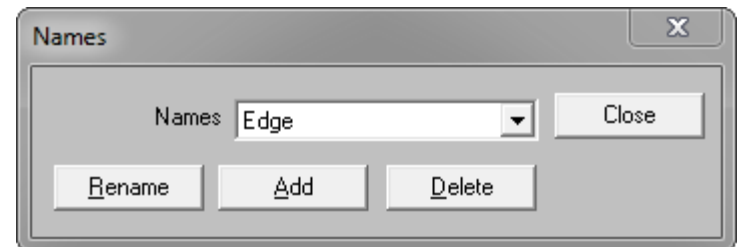
U-Factor Surface Library

* Un clic simple fonctionne aussi et Choix par menu contextuel



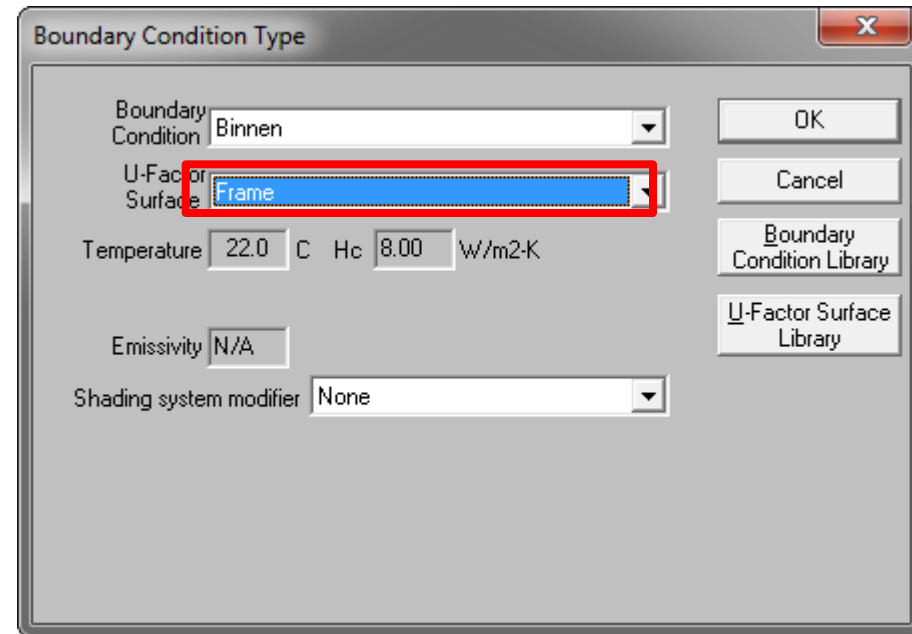
THERM - créer un modèle

- 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

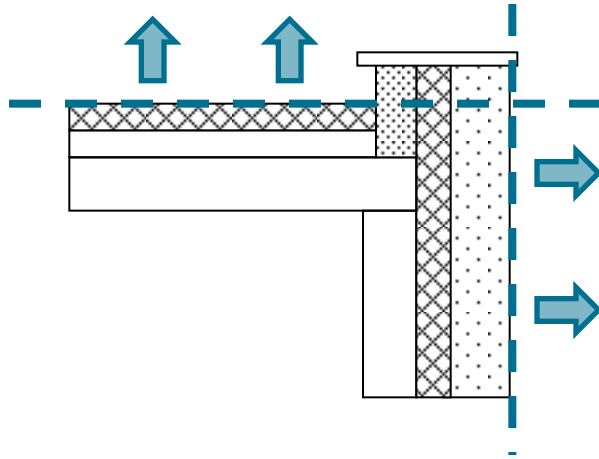
Calculer la valeur psi

Exercice

Liens

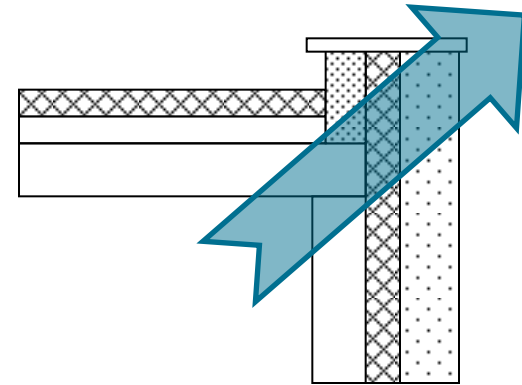


THERM – calculer la valeur psi



Pertes de chaleur
parois
(1D)

Excel / PEB / PHPP



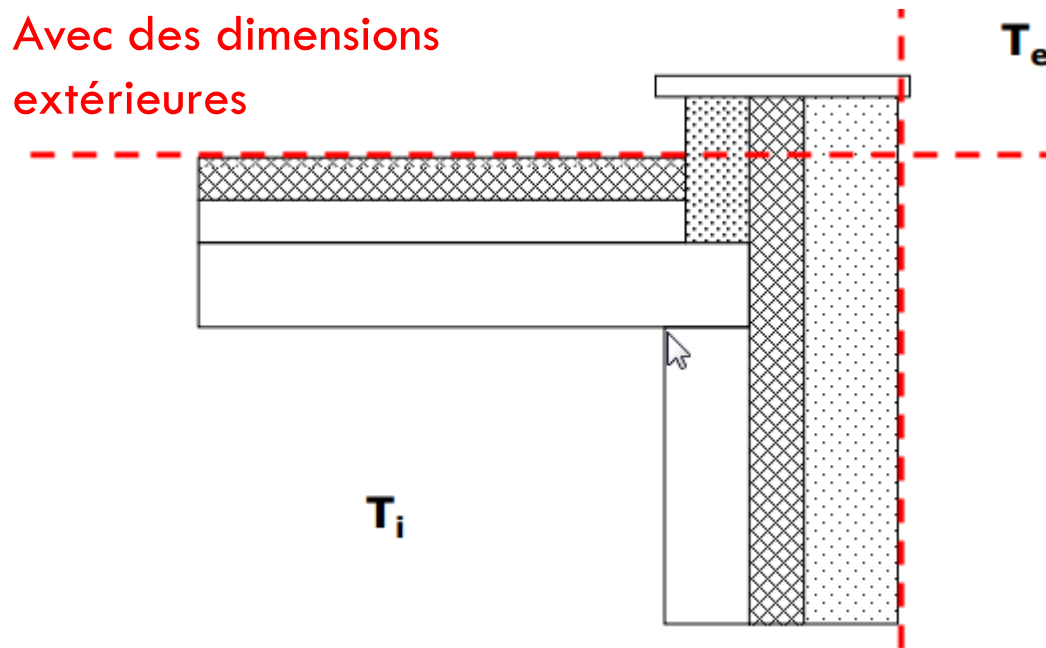
Pertes de chaleur
ponts thermiques
(2D ou 3D)

THERM



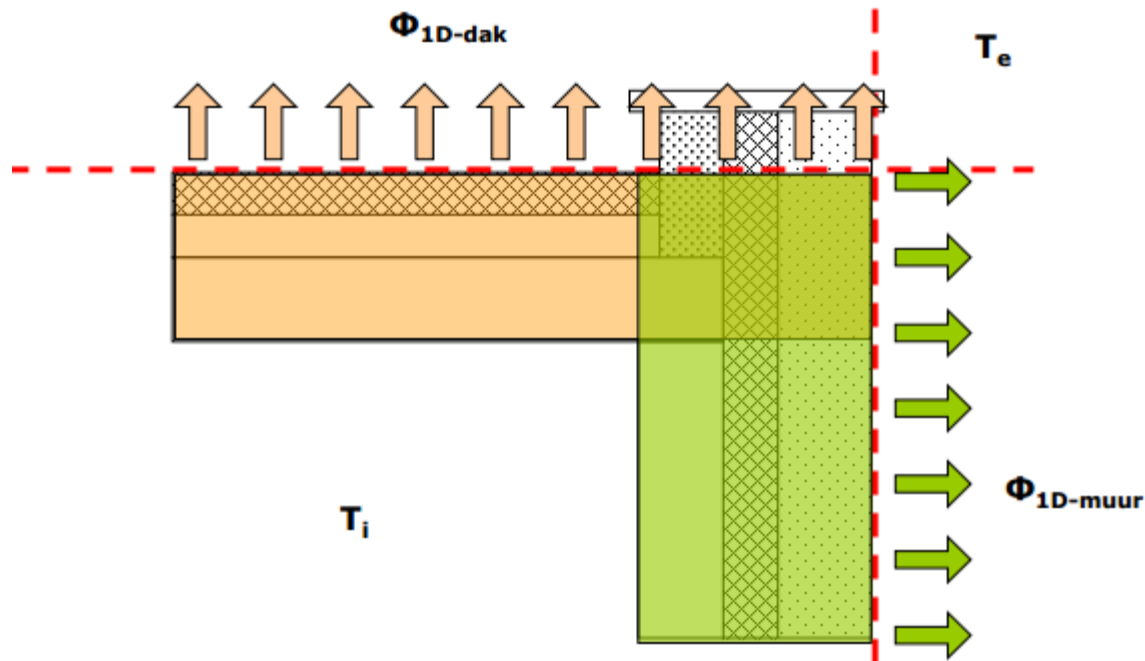
THERM – calculer la valeur ψ

- Coefficient de transmission thermique linéaire Ψ_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 Ψ_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 Ψ_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

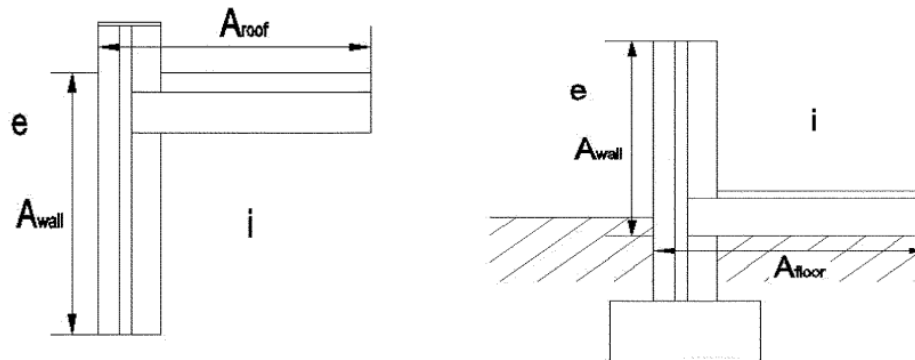
Φ_{2D} [W]: Le flux thermique stationnaire global en deux dimensions qui quitte l'environnement intérieur, calculé à l'aide du logiciel numérique validé ;

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/m²K]: Coefficient de transmission thermique de la paroi entre les environnements intérieur et extérieur ;

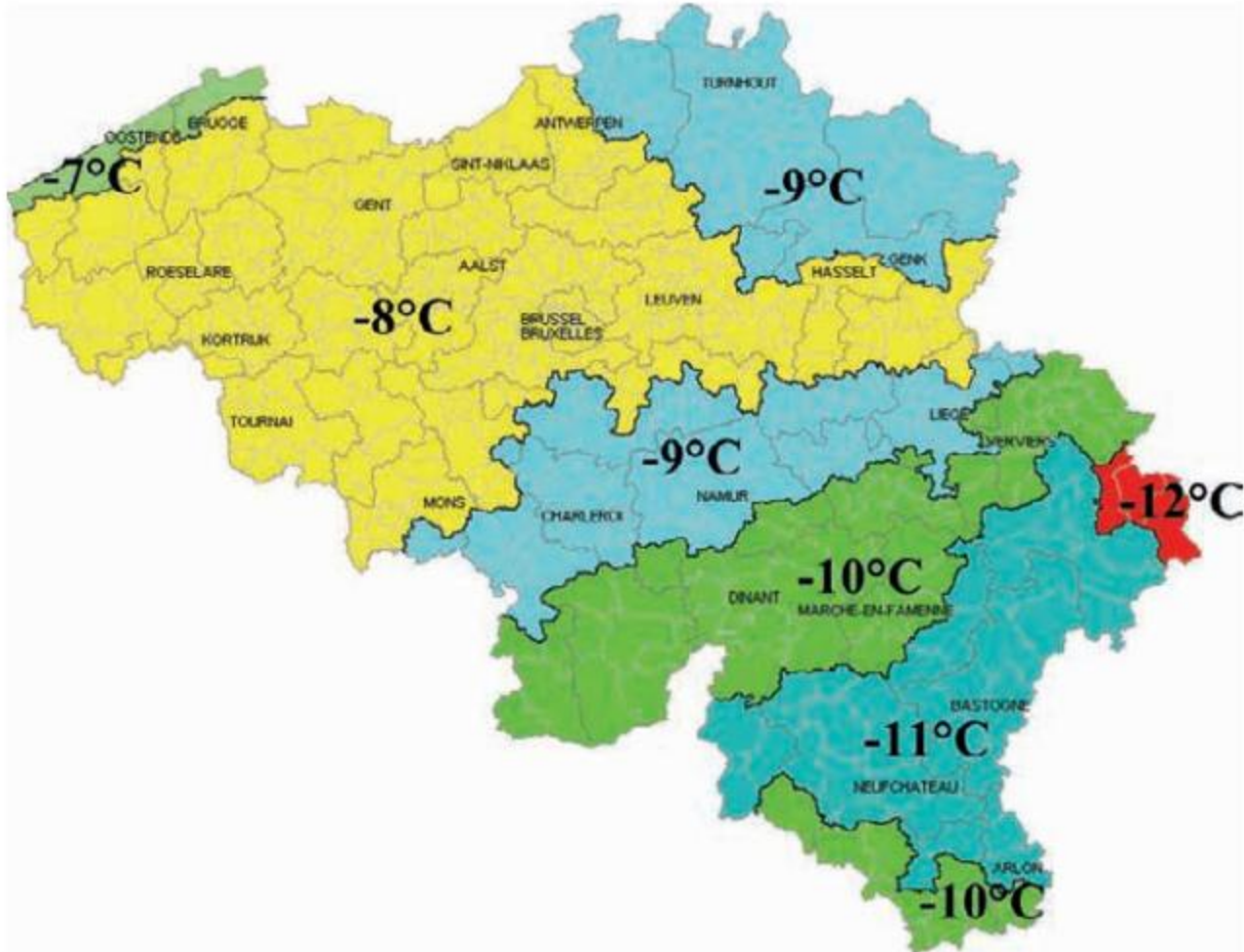
A_1 [m²]: Superficie de la paroi entre les environnements intérieur et extérieur, sur la base des dimensions extérieures.



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

THERM – calculer la valeur psi

Tableau 3 Valeurs limites des coefficients de conductivité linéiques Ψ_e

	$\Psi_{e,lim}$
1. ANGLE SORTANT (1)(2) <ul style="list-style-type: none"> • 2 murs • Autres angles sortants 	-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
<p>(1) A l'exception d'appui de fondation</p> <p>(2) Pour un "angle sortant", l'angle α -mesuré entre les deux faces extérieures de la paroi de la surface de déperdition- doit satisfaire à : $180^\circ < \alpha < 360^\circ$.</p> <p>(3) Pour un "angle rentrant", l'angle α -mesuré entre les deux faces extérieures de la paroi de la surface de déperdition- doit satisfaire à : $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.</p>	

$\Psi < \psi_{lim}$
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

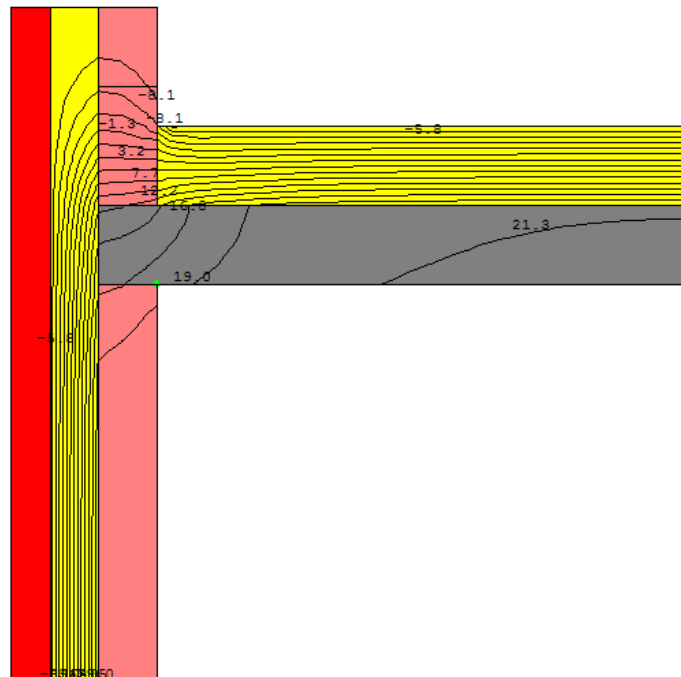


THERM – exercice

- Exercice:

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

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

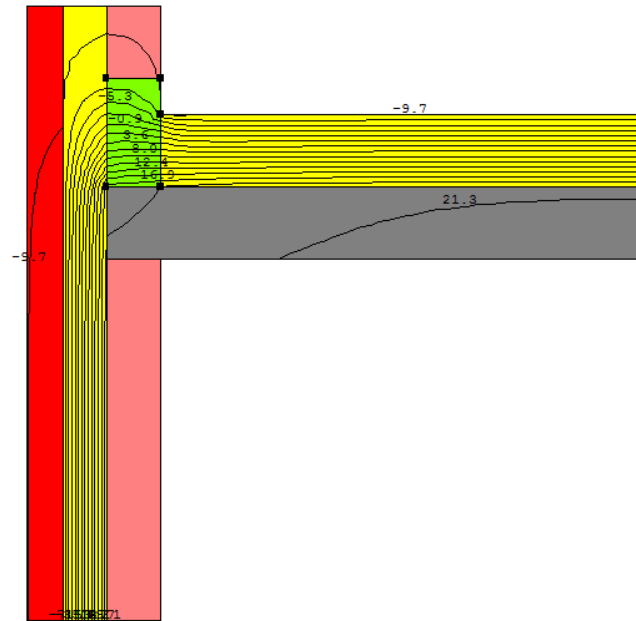


THERM – exercice

- Exercice

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

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

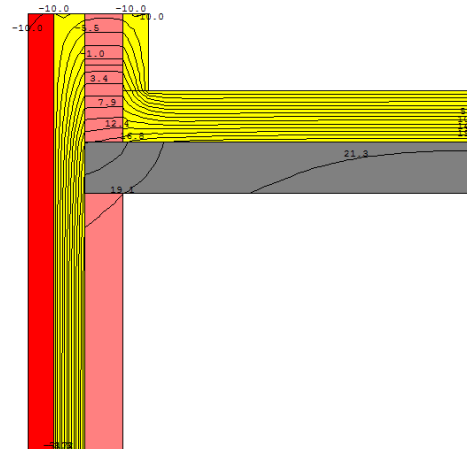


THERM – exercice

- Exercice:

- ▶ Calcul des valeurs ψ ou χ des nœuds constructifs suivants avec Therm.
- ▶ Type 3: détail toiture avec isolation extra → Pas PEB conforme

$\Psi = 0,145 \text{ W/mK}$



→ Il vaut mieux miser sur des nœuds constructifs conformes PEB. De cette manière, on obtient une valeur Psi plus petite. Les nœuds constructifs ne doivent alors pas être calculés.



THERM – exercice

Le coefficient de transmission thermique linéaire est alors égal à :

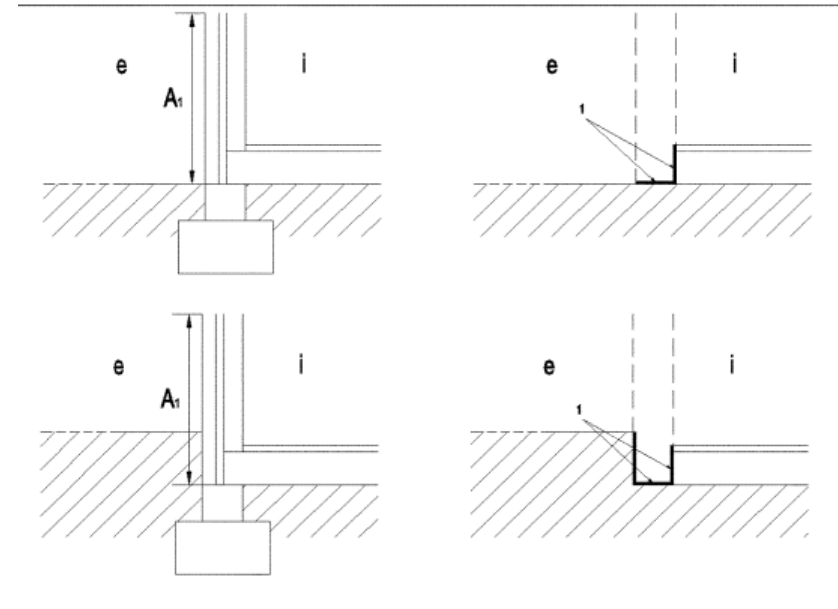
$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} - \frac{A_1 U_1}{L} - \frac{\Phi_{2D,a}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} \quad \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

avec

- Φ_{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/m²K]: 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



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
- Fiche nœuds constructifs
 - ▶ http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF_Energie_NoeudsConstr_juin_2011_prof_FR.PDF
- Calcul numérique
 - ▶ http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/amb20150506_method_peb2014_annex8_fr.pdf



?



Contact

Pierre DEMESMAECKER

Responsable de l'équipe Bâtiment – Consultance et Stratégie
ICEDD asbl

 : 081 25 04 80

E-mail : pdm@icedd.be

