

# Transferts Thermiques

## TP n°1

### PROBLEMES BIDIMENSIONNELS

Il est demandé de rédiger un compte rendu **individuel**, dans lequel vous répondrez aux différentes questions. Ce compte-rendu doit être sous forme numérique (Excel et/ou pdf).

L'ensemble des fichiers demandés (compte-rendu et fichier Excel) sera déposé sur Adhel. Pour toute difficulté sur l'achèvement de ces travaux en temps libre, vous pouvez contacter l'enseignant : [laurent.ulmet@unilim.fr](mailto:laurent.ulmet@unilim.fr).

Date limite de rendu du travail : le **vendredi 7 Octobre 2022**

## 1. Préparatifs

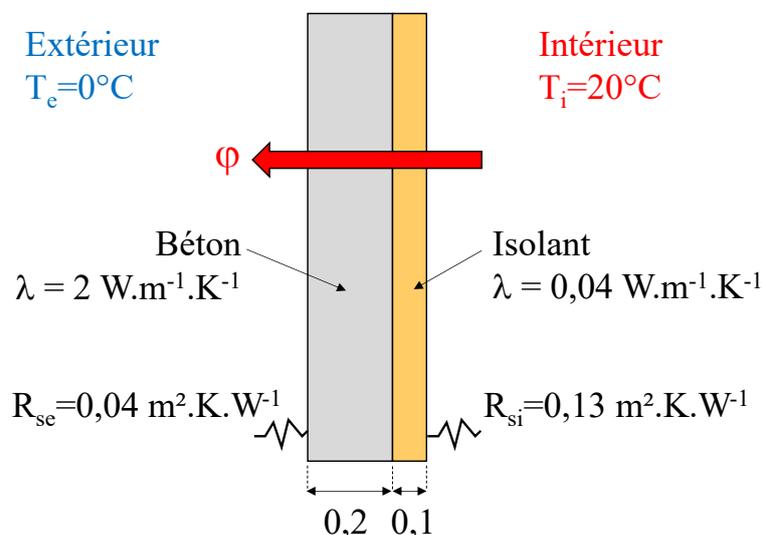
- Assurez-vous que vous disposez d'un dossier de travail **L:\thermique**, dans lequel se trouve le document que vous venez d'ouvrir.

**Attention ! Définir impérativement ce nom exact de dossier, qui doit se trouver sur la racine du disque L :**

- Créer un classeur Excel nommé «**TP1\_Votre-nom.xls** » que vous stockerez sur **L:\Thermique**

## 2. Etude préliminaire : cas d'un mur (problème 1D)

On étudie le transfert thermique en régime permanent dans un mur dont les caractéristiques sont données ci-dessous :



## 2.1. Calcul théorique

1. Créer dans le fichier Excel une feuille de calculs nommée « **Mur** »
2. Dans cette feuille, calculer pour le mur ci-dessus son coefficient de transmission surfacique  $U$  et le flux surfacique  $\varphi$  qui le traverse
3. Calculer le profil de température théorique dans le mur, et le représenter sous forme graphique

## 2.2. Méthode numérique des éléments finis

### 2.2.1. Calcul Cast3M

On étudie maintenant ce mur par une discrétisation en éléments finis, au moyen du code Cast3M. Le fichier texte de données prêt à l'emploi **Mur.dgibi** est à votre disposition dans votre dossier.

Pour utiliser Cast3M avec ce fichier :

- copier sur le bureau les raccourcis vers les programme « **Castem09** » et « **Bloc-notes** » (ces raccourcis se trouvent dans le dossier **Thermique** que vous avez téléchargé)
- pour **éditer** le fichier de données Mur.dgibi, le sélectionner dans une fenêtre d'explorateur, puis le faire glisser sur le raccourci du bureau « **Bloc-notes** »
- pour lancer le **calcul** avec pour fichier de données Mur.dgibi, sélectionner ce dernier dans une fenêtre d'explorateur, puis le faire glisser sur le raccourci du bureau « **Castem09** ».

Il est possible de modifier les paramètres du problème en éditant le fichier de données. Il est conseillé dans un premier temps de ne modifier que les dimensions, les conductivités, les  $R_s$ , et les températures. Penser à enregistrer le fichier pour conserver les modifications, avant de lancer le calcul.

En consultant le fichier de données Mur.dgibi :

4. Vérifier que les données du modèle Cast3M correspondent à celles du mur étudié.
5. Noter la hauteur de mur prise en compte dans le modèle

Lancer le calcul. Observer le maillage, puis le champ de températures obtenu.

6. Insérer dans la feuille « **Mur** » une copie d'écran du champ de températures calculé par Cast3M, et commenter ce champ
7. Relever la valeur du flux qui s'affiche dans la fenêtre d'exécution de Cast3M, et comparer ce flux avec la valeur théorique.

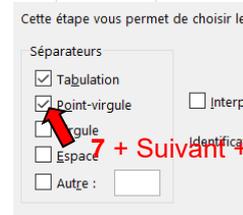
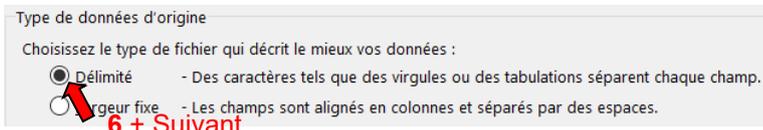
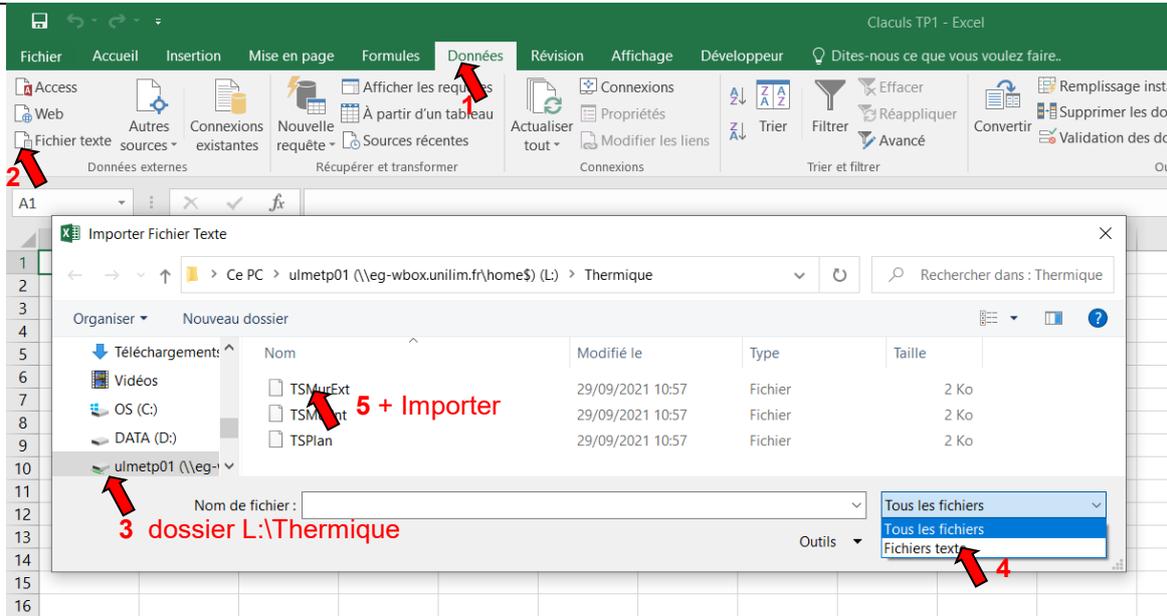
### 2.2.2. Import de résultats Cast3M dans un classeur Excel

Cast3M vient de créer sur votre répertoire de travail (L:\thermique) un fichier texte nommé « **ProfilTMur** », donnant le profil de température dans l'épaisseur du mur (1° colonne : abscisse  $x$ , 2° colonne : température).

Ce fichier peut être importé dans un classeur Excel par les commandes suivantes :

**Données** → **Fichier Texte** → *sélectionner le dossier L:\Thermique* → **Tous les fichiers** → *sélectionner ProfilTMur* → **Délimité** → **Séparateur= Point virgule** → **Terminer**.

Il faut éventuellement remplacer les points décimaux par des virgules, pour que les informations dans les cellules soient considérées comme des nombres.

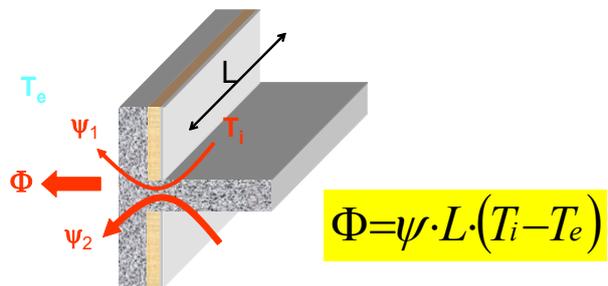
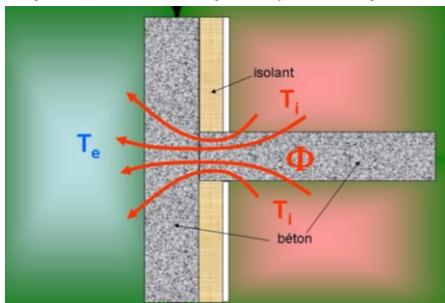


Remplacer tous les points (.) par des virgules (,) : commande Accueil → Rechercher et sélectionner → Remplacer

- 8. Importer le profil de température dans la feuille « Mur », et superposer les profils théorique et numérique sur le même graphique.
- 9. Conclure.

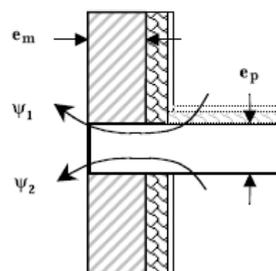
### 3. Etude d'un pont thermique (problème 2D)

On étudie dans cette partie le pont thermique constitué par la jonction d'un plancher intermédiaire lourd en béton plein sur un mur en béton plein. Le mur est isolé par l'intérieur. L'objectif est de calculer le coefficient de déperditions linéiques  $\psi$  de ce pont thermique.



Données :

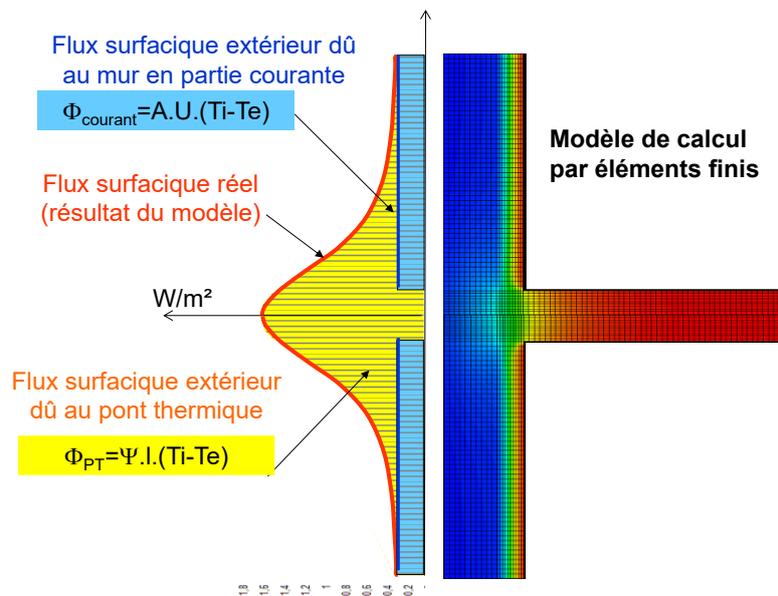
- $\lambda_{\text{béton}} = 2 \text{ W/(m.K)}$
- $e_p = 0.2 \text{ m}$
- $e_m = 0.2 \text{ m}$
- Epaisseur d'isolant = 0.1 m
- $R_{se}(\text{mur}) = 0.04 \text{ m}^2.\text{K/W}$
- $R_{si}(\text{mur}) = 0.13 \text{ m}^2.\text{K/W}$
- $R_{si}(\text{plancher}) = 0.13 \text{ m}^2.\text{K/W}$
- $\psi = \psi_1 + \psi_2 \text{ (W/(m.K))}$



### 3.1. Calcul avec les données standard

Pour le fichier de données **PontTh.dgibi**, lancer le calcul, observer le maillage, puis le champ de températures obtenu. On répondra aux questions sur une nouvelle feuille Excel nommée « **PontTh** ».

- 10. Pourquoi n'a-t-on discrétisé que la moitié du problème ?
- 11. Quelles sont les conditions aux limites imposées sur les différents contours du domaine discrétisé (faire un schéma) ?
- 12. Noter la valeur du flux indiquée dans la fenêtre d'exécution de Cast3M, et en déduire la valeur du coefficient  $\psi$  du pont thermique, en détaillant les calculs (on pourra s'aider du schéma ci-dessous).

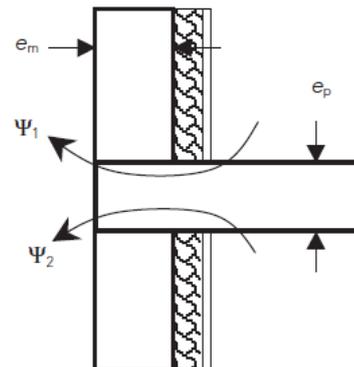


### 3.2. Comparaison avec les valeurs forfaitaires des règles Th-U

Le tableau ci-dessous donne les valeurs par défaut des coefficients  $\psi$  pour le type de plancher intermédiaire étudié (RT 2012, Règles Th-U, Fascicule 5/5, Ponts thermiques, page 60)

$e_m$ (cm)	$e_p$ (cm)		
	15	20	25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,83	0,99	1,14
$20 < e_m \leq 25$	0,80	0,97	1,09
$25 < e_m \leq 30$	0,78	0,92	1,05

Répartition :  $\Psi_1 = \Psi_2 = 50\%$ .



- 13. Faire le lien entre la valeur de  $\psi$  calculée et celles du tableau. Conclure

### 3.3. Calcul pour des données personnalisées

#### 3.3.1. Calcul de $\psi$

Modifier les paramètres de Cast3M conformément au jeu de données qui vous a été distribué. **Utiliser ces données pour la suite du TP.**

- 14. Reprendre la question n°12 pour votre jeu de données personnalisées

**3.3.2. Re-calcul du flux à partir des températures de surface**

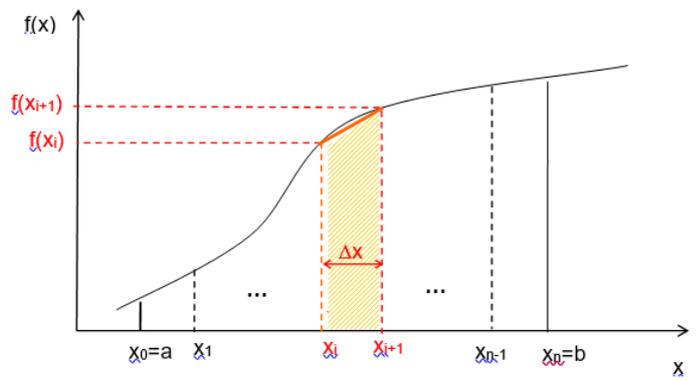
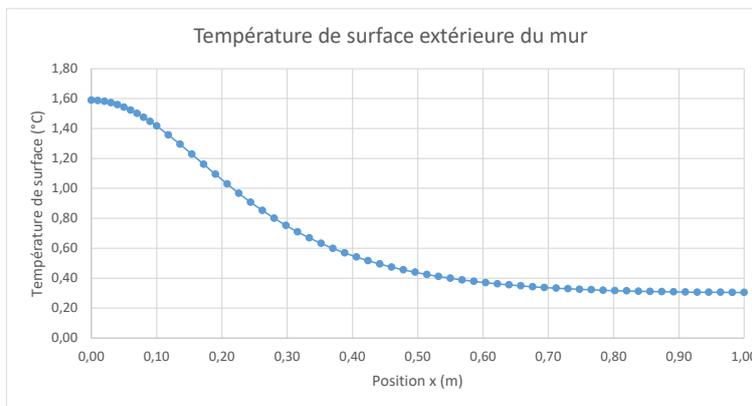
Cast3M a créé sur votre répertoire de travail (L:\thermique) 3 fichiers textes dont les contenus sont les suivants :

- TsPlan : répartition de la température de surface le long du plancher
- TsMurExt : répartition de la température le long de la surface extérieure du mur
- TsMurInt : répartition de la température le long de la surface intérieure de l'isolant

15. Importer ces données dans la feuille PontTh de votre classeur Excel  
 16. Retrouver de deux manières différentes la valeur du flux traversant le modèle.

**Quelques explications :**

La densité surfacique de flux en un point d'abscisse  $x$  est donnée par (Chap1, paragraphe 3) :  $\varphi(x) = \frac{\theta_{surf}(x) - \theta_{amb}}{R_s}$ . Le flux total traversant le pont thermique peut donc s'obtenir par une intégration, soit sur la surface externe du mur, soit sur la surface interne (mur + plancher). Comme la température donnée par Cast3M est définie en des points précis équidistants, on peut calculer cette intégrale par la méthode des trapèzes :



Méthode des trapèzes

$$\int_a^b f(x) dx \approx \Delta x \left[ \frac{f(x_0) + f(x_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) \right]$$

**3.4. Manifestations et conséquences des ponts thermiques**

17. Commenter les photos ci-dessous

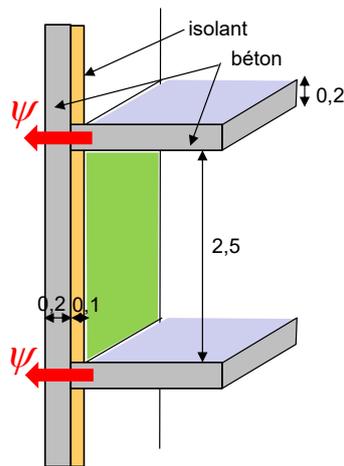


Intérieur d'une salle de bains



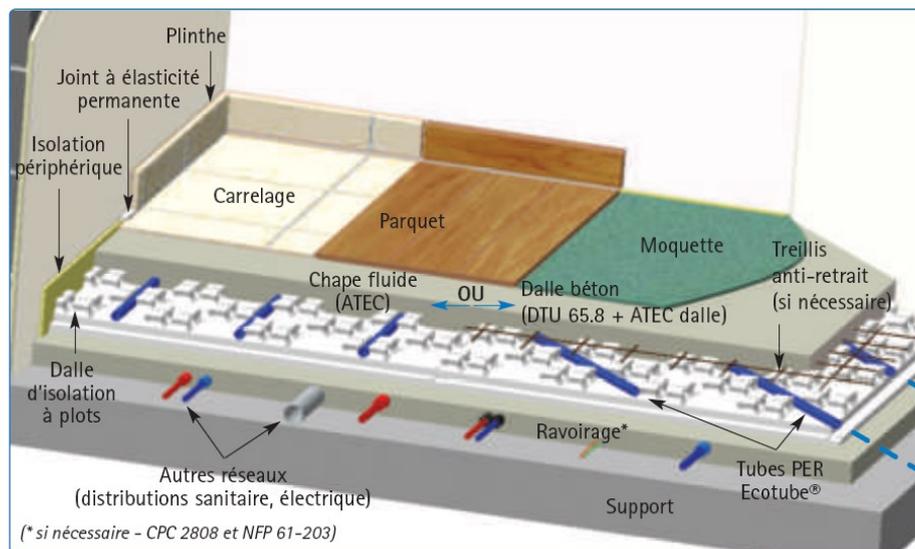
Thermographie infrarouge

18. En reprenant les données standard, comparez le flux traversant le pont thermique avec le flux traversant le mur sur une hauteur d'étage (voir schéma ci-dessous). Conclure.



## 4. Etude d'un plancher chauffant

On étudie dans cette partie l'émission de chaleur d'un plancher chauffant à eau chaude. On suppose pour simplifier que la température d'eau circulant dans les tubes est constante.



Vue éclatée d'un plancher chauffant

### 4.1. Données standard

Le nouveau fichier de données pour le calcul Cast3M est **PIC Chau.dgibi**.

On répondra aux questions suivantes dans une nouvelle feuille Excel nommée « **PIC Chau** »

19. Editer ce fichier et vérifier que les valeurs des paramètres correspondent au schéma ci-dessus.
20. Lancer le calcul de cet exemple, et commenter les cartographies de températures obtenues.
21. Noter les valeurs calculées dans la fenêtre d'exécution de Cast3M, correspondant à l'émission haute, l'émission basse, et au flux échangé entre l'eau et le tube
22. Expliquer la relation qui existe entre ces trois grandeurs

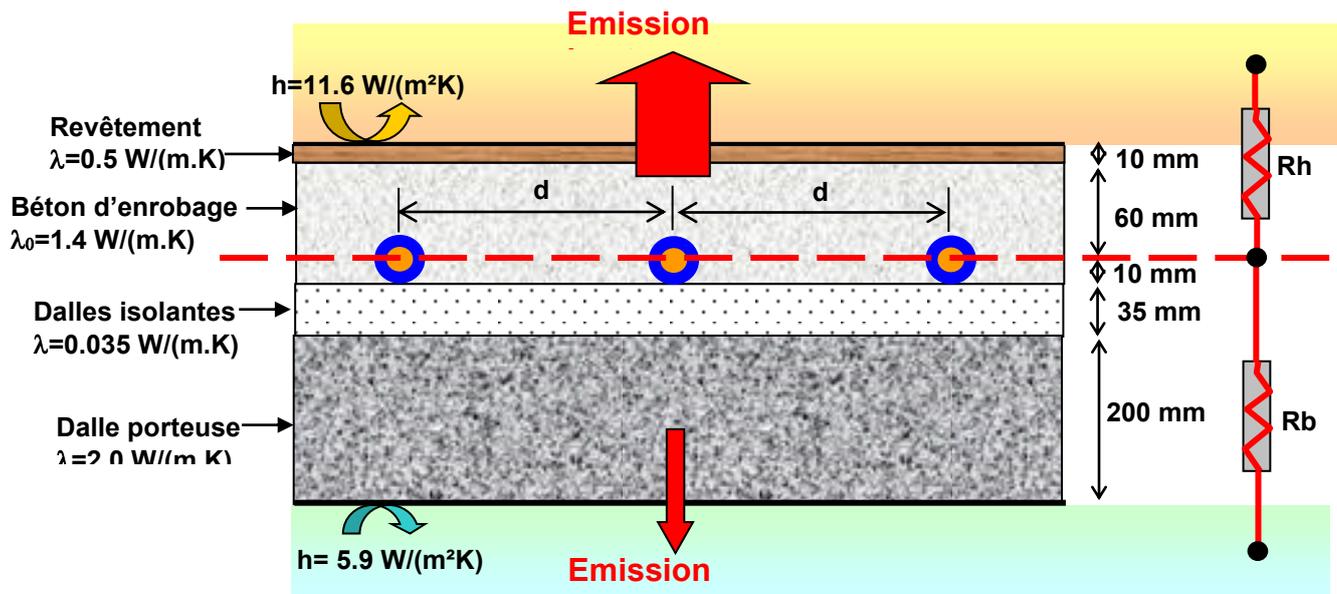


Schéma de principe d'un plancher chauffant

## 4.2. Données personnalisées

23. Modifier les paramètres de Cast3M conformément au jeu de données personnalisé qui vous a été distribué. **Utiliser ce jeu de données pour la suite du TP.**

Cast3M crée sur votre répertoire de travail un fichier texte nommé **TSurfHaute** contenant la répartition de la température le long de la surface supérieure du revêtement (émission haute). A chaque calcul, vous pourrez importer ces données dans la feuille EXCEL « **PIChaud** ».

24. Sous Excel, tracer sur un même graphique la variation spatiale de la température sur la surface supérieure du revêtement pour les quatre valeurs de pas suivantes : 0.1 m, 0.2 m, 0.3 m, 0.4 m.

25. Sous Excel, présenter un tableau récapitulatif, pour chaque valeur du pas, les émissions haute et basse, et la puissance échangée entre l'eau et le tube.

26. En déduire, pour chaque pas, l'émission haute, exprimée en **Watt par m² de plancher**.

27. Faire toutes les conclusions qui vous semblent intéressantes sur l'exploitation de ces résultats.