

# RAPPORT TECHNIQUE

## Calcul du flux et de la transmission linéique des ponts thermiques Vérification du risque de formation de moisissément

**OBJET:** Rénovation d'une maison à deux étages  
Réfection du comble

**PARTIE D'OUVRAGE:** Évaluation de ponts thermiques

**MAITRE D'OEUVRE:** Ing. Jacques Dupont

**MAITRE D'OUVRAGE:** Développement Parisien s.r.l.

**Maître d'œuvre**

---

# RAPPORT TECHNIQUE

Calcul numérique de l'énergie transmise au travers des structures des bâtiments par les ponts thermiques et vérification du risque de formation de moisissement.

L'évaluation dérive d'une simulation numérique aux éléments finis; de cette façon on calcul et on liste les flux thermiques sur chaque élément, le flux thermique total, les températures internes et les températures superficielles, les transmissions thermiques de chaque élément, le coefficient de couplage thermique et la transmission thermique linéique du pont thermique.

Pour l'évaluation du risque de formation de moisissements la température minimale sur la face intérieure est mise en évidence, la température critique, le facteur de température critique  $f_{Rsi,max}$  et le mois critique. A la fin du calcul, il est affiché si le pont thermique est correct et si le pont thermique est ou non soumis au risque de formation de moisissures.

## Méthode de calcul

La méthode de calcul aux éléments finis, prévu par la norme NF EN ISO 10211, permet d'obtenir les transmissions thermiques linéaires et les températures superficielles.

La méthode est basée sur les hypothèses suivantes:

- toutes les propriétés physiques sont indépendantes de la température
- il n'y a pas de sources de chaleur à l'intérieur de l'élément de construction.

La méthode numérique utilisée est valide selon ce qui est prévu par l'Annexe A de la norme, car :

- elle fournit les températures et les flux thermiques;
- elle permet de calculer les températures et les flux thermiques dans des positions différentes de celles indiquées par la norme ;
- elle calcule le total des valeurs absolues de tous les flux thermiques deux fois, pour  $n$  nœuds (ou cellules) et pour  $2n$  nœuds (ou cellules). La différence entre ces deux résultats est toujours mineure de 1% ;
- elle répète le calcul jusqu'à quand la somme de tous les flux thermiques (positif et négatif) qui entrent dans l'objet, divisée par la moitié de la somme des valeurs absolues de tous ces flux thermiques, est inférieure à 0.0001

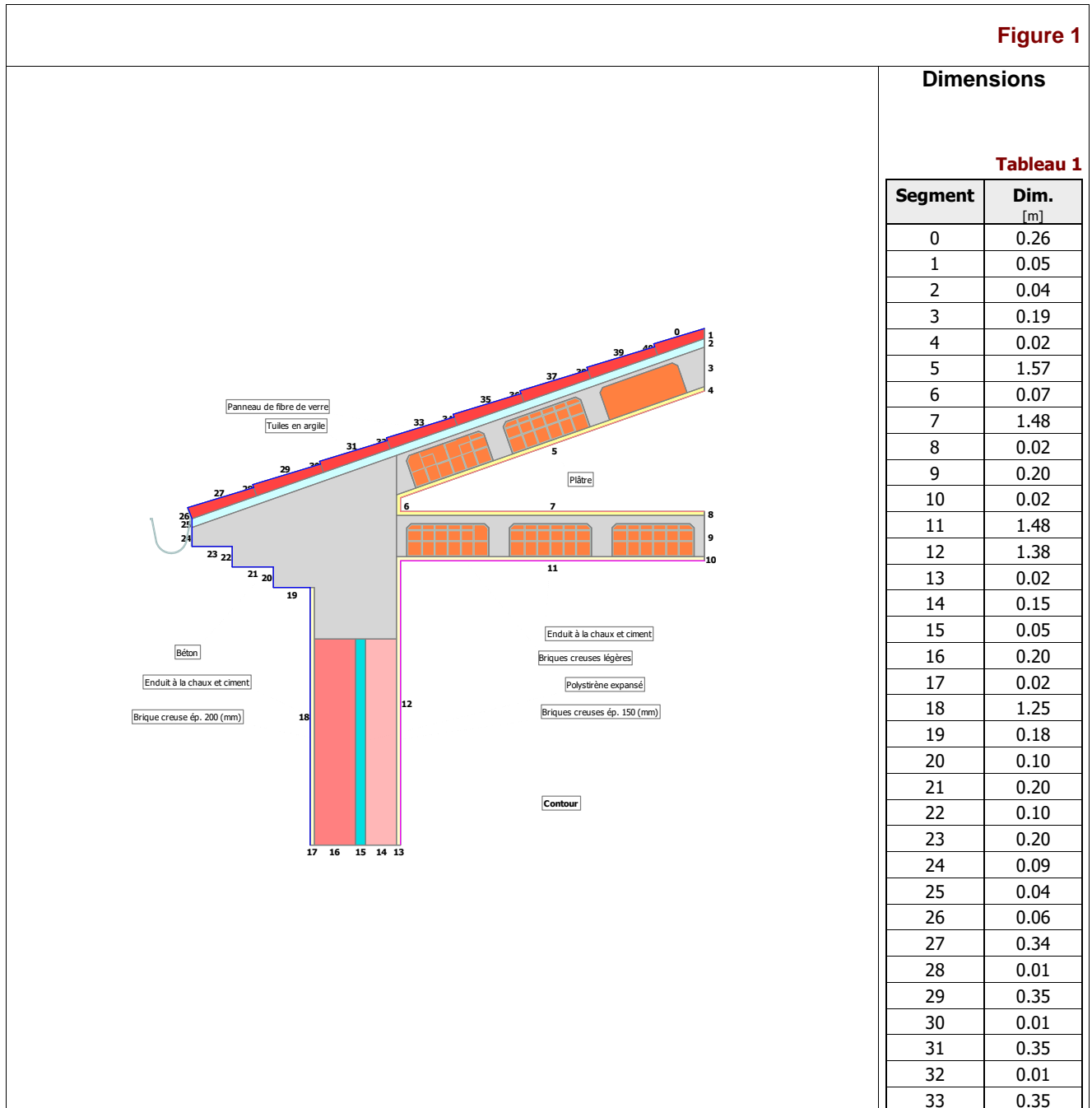
Le risque de formation de moisissements est évalué avec la NF EN ISO 13788.

# DONNÉES ET RÉSULTATS DE CALCUL

## Dimensions géométriques

Dans la figure suivante on reporte le schéma géométrique du pont thermique dans lequel sont représentées les dimensions, la forme et les couches des matériaux qui le composent; chaque segment différent à la limite est marqué par une étiquette numérique.

Dans le tableau à droite on reporte les dimensions, en mètres, de tous les segments aux limites marqués par des étiquettes.



	34	0.01
	35	0.35
	36	0.01
	37	0.35
	38	0.01
	39	0.35
	40	0.01



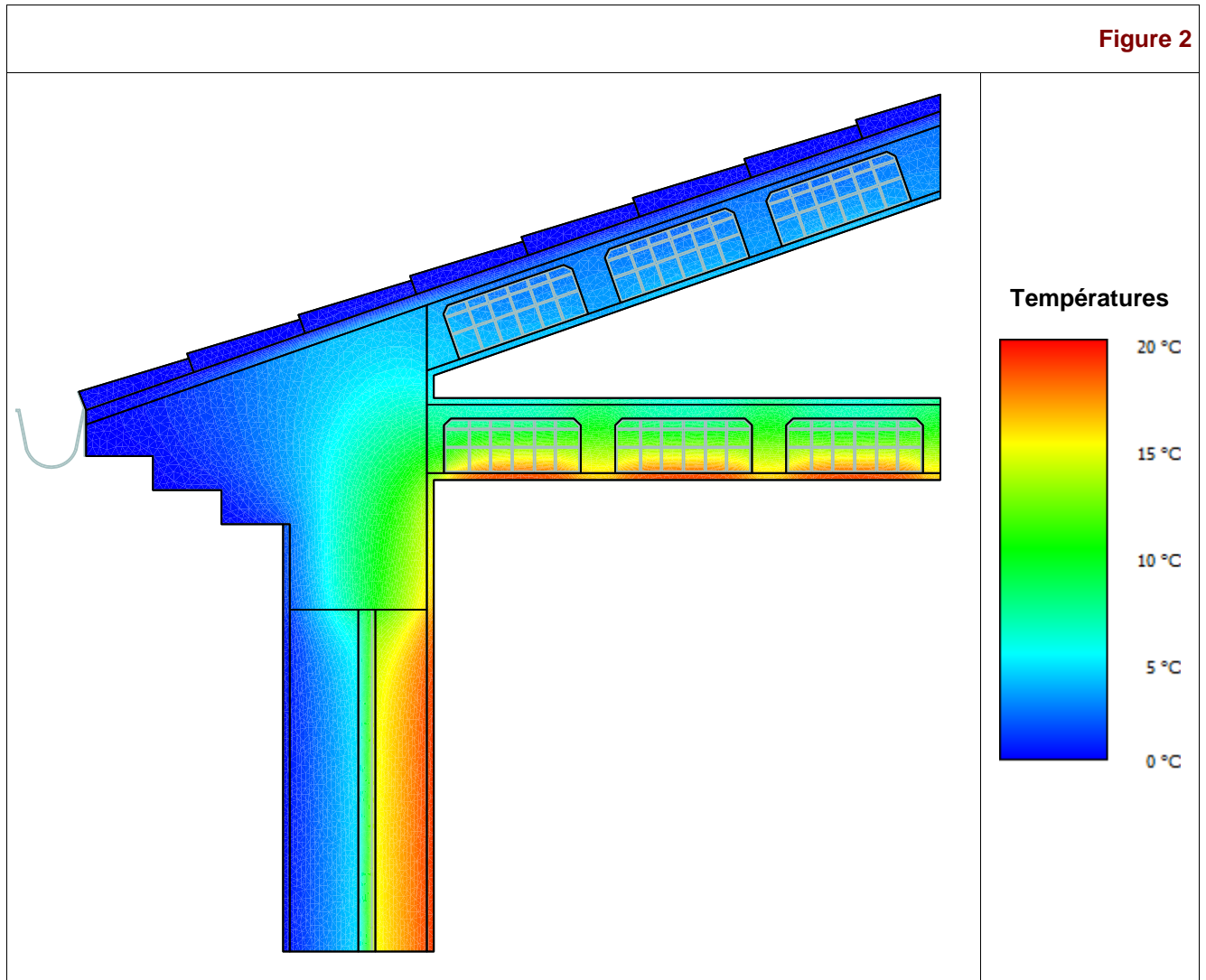
## Courbes de température

La figure 2 reporte la représentation des courbes de niveau du pont thermique qui a été calculé.

Dans le tableau sur la droite on reporte l'échelle chromatique de la plage de température définie sur le contour.

Les températures minimales et maximales se réfèrent aux températures calculées sur les côtés, à la limite avec l'ambiance intérieure ou extérieure, en considérant aussi le transfert de chaleur de convection.

Les courbes sont définies avec des écarts de 0.25°C.



## Conditions aux limites extérieures - Données climatiques

Dans le tableau suivant sont affichés les données climatiques, en terme de températures et humidité relative, utilisés pour l'évaluation de la température et du mois critique pour la formation de moisissures sur les surfaces intérieures.

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Set	Oct	Nov	Déc
T[°C]	1.2	3.1	8.3	11.9	18.0	22.1	23.6	22.6	19.1	12.3	6.8	2.6
UR[%]	83.2	80.4	80.6	66.6	65.3	60.4	54.1	72.6	74.6	82.0	93.0	88.2

## Conditions aux limites intérieures - Calcul de la transmission

Dans le tableau suivant, toutes les zones aux limites sont listées avec leurs températures et coefficients de transfert thermique.

Pour réaliser le calcul vous devez définir au moins une ambiance INTÉRIEURE et une EXTÉRIEURE: le calcul de la transmission thermique linéique est réalisé à partir de l'ambiance INTÉRIEURE.

**Tableau 2**

Zones	btr	Température [°C]
EXTÉRIEUR	-	0.00
Comble	0.80	4.00
INTÉRIEUR (par rapport auquel on calcul le PT)	-	20.00

## Conditions aux limites intérieures - Evaluation du risque de formation de moisissement

Dans le tableau suivant on vous propose la température et l'humidité relative de la zone intérieure.

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Set	Oct	Nov	Déc
T[°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
UR[%]	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0

## Caractéristiques thermiques des matériaux

Dans le tableau suivant on vous propose la liste de tous les matériaux utilisés pour la structure du pont avec ses valeurs de conductivité thermique.

**Tableau 3**

Matériau	Conductivité thermique [W/mK]
Briques creuses ép. 150 (mm)	0.3330
Brique creuse ép. 200 (mm)	0.4250
Polystyrène expansé	0.0400
Enduit à la chaux et ciment	0.7000
Béton	1.0100
Briques creuses légères	0.1300
Tuiles en argile	0.9900
Panneau de fibre de verre	0.0420
Plâtre	0.2900

## Caractéristiques du sol

Le tableau suivant reporte les caractéristiques du SOL, si présent.  
L'évaluation du coefficient de transfert thermique des planchers sur sol est réalisée selon la norme *NF EN ISO 13370*.

**Tableau 4**

Description	Symbole	Valeur	Unité de mesure
Conductivité thermique	k	1.5000	[W/mK]
Dimension caractéristique	B'	0.00	[m]
Épaisseur équivalente	dt	0.00	[m]
Transmission équivalente du plancher	Ug	0.00	[W/m²K]

Dimension caractéristique  $B' = (2 * \text{Aire plancher}) / \text{Périmètre plancher}$

## Flux thermiques

Dans le tableau suivant, pour chaque limite du pont thermique, on vous propose le flux thermique avec la zone limite et le coefficient de transfert thermique de chaque côté.

**Tableau 5**

Façade	Zone associée	Flux [W/m]	Coefficient de convection thermique [W/m²K]
0	EXTÉRIEUR	-0.49	25.0
5	Comble	2.83	7.7
6	Comble	-0.44	7.7
7	Comble	-21.67	7.7
11	INTÉRIEUR (par rapport auquel on calcul le PT)	24.22	7.7
12	INTÉRIEUR (par rapport auquel on calcul le PT)	23.40	7.7
18	EXTÉRIEUR	-16.81	25.0
19	EXTÉRIEUR	-2.67	25.0
20	EXTÉRIEUR	-0.85	25.0
21	EXTÉRIEUR	-1.23	25.0
22	EXTÉRIEUR	-0.36	25.0
23	EXTÉRIEUR	-0.47	25.0
24	EXTÉRIEUR	-0.09	25.0
25	EXTÉRIEUR	-0.01	25.0
26	EXTÉRIEUR	-0.01	25.0
27	EXTÉRIEUR	-0.19	25.0
28	EXTÉRIEUR	-0.02	25.0
29	EXTÉRIEUR	-0.79	25.0
30	EXTÉRIEUR	-0.04	25.0
31	EXTÉRIEUR	-1.20	25.0
32	EXTÉRIEUR	-0.04	25.0
33	EXTÉRIEUR	-0.88	25.0



**Tableau 5**

<b>Façade</b>	<b>Zone associée</b>	<b>Flux</b> [W/m]	<b>Coefficient de convection thermique</b> [W/m²K]
34	EXTÉRIEUR	-0.03	25.0
35	EXTÉRIEUR	-0.73	25.0
36	EXTÉRIEUR	-0.03	25.0
37	EXTÉRIEUR	-0.70	25.0
38	EXTÉRIEUR	-0.03	25.0
39	EXTÉRIEUR	-0.67	25.0
40	EXTÉRIEUR	-0.02	25.0





<b>Jan</b>	1.2	83.2%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.82
<b>Fév</b>	3.1	80.4%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.8
<b>Mar</b>	8.3	80.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.72
<b>Avr</b>	11.9	66.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.59
<b>Mai</b>	18.0	65.3%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	-0.66
<b>Juin</b>	22.1	60.4%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	2.58
<b>Jui</b>	23.6	54.1%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	1.92
<b>Aoû</b>	22.6	72.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	2.27
<b>Set</b>	19.1	74.6%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	-2.68
<b>Oct</b>	12.3	82%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.57
<b>Nov</b>	6.8	93%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.75
<b>Déc</b>	2.6	88.2%	20.0	65%	2337	1519	1519	16.69	0.81

### Légende

<b>T<sub>e</sub></b>	Température externe moyenne mensuelle	[°C]
<b>φ<sub>e</sub></b>	Umidité relative externe moyenne mensuelle	[%]
<b>T<sub>i</sub></b>	Température interne moyenne mensuelle	[°C]
<b>φ<sub>i</sub></b>	Umidité relative interne moyenne mensuelle	[%]
<b>p<sub>sat</sub>(θ<sub>i</sub>)</b>	Pression de saturation interne	[Pa]
<b>p<sub>i</sub></b>	Pression de la vapeur interne	[Pa]
<b>p<sub>sat</sub>(θ<sub>si</sub>)</b>	Pression de saturation interne minimale acceptable	[Pa]
<b>T<sub>si,min</sub></b>	Température superficielle minimale acceptable	[°C]
<b>f<sub>RSi</sub></b>	Facteur de température	[-]

Le Maître d'œuvre

---

(cachet et signature)