

**ThermExcel**

**Présentation du programme  
THERMASOL**

**Dimensionnement du chauffage  
par le sol**

Jean Yves MESSE – THERMEXCEL

Copyright © 2004 - 2013 – ThermExcel - All Rights Reserved

<b>TABLE DES MATIERES</b>
---------------------------

<b>TABLE DES MATIERES</b>	<b>2</b>
<b>1 GENERALITES</b>	<b>3</b>
<b>2 PRESENTATION DU PROGRAMME THERMASOL</b>	<b>4</b>
<b>Intégration de la barre d'outils personnalisée du programme de calcul</b>	<b>4</b>
<b>3 SYNTHESE PLANCHERS CHAUFFANTS</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Définition des différents types de planchers chauffants</b>	<b>8</b>
Nota : Parquet bois sur un plancher chauffant, les précautions à prendre :	9
<b>3.2 Bibliothèques des types de planchers chauffants</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Dimensionnement des planchers chauffants</b>	<b>14</b>
Température ambiante du local	14
Température superficielle de planchers chauffants	14
Température du fluide chauffant	14
Inertie	15
Pas de pose	15
Feuille de calcul	16
<b>3.4 Module d'indexation de la table réseaux</b>	<b>16</b>
<b>3.5 Calcul des pertes de charge des boucles</b>	<b>18</b>
<b>3.6 Feuille de calcul d'équipements annexes</b>	<b>19</b>
<b>3.7 Planchers en mode rafraîchissement</b>	<b>20</b>
<b>4 EXEMPLES DE SCHEMAS HYDRAULIQUES</b>	<b>24</b>

# 1 GENERALITES

Calculer un plancher chauffant n'est pas si facile, car une multitude de facteurs rentrent en ligne de compte selon différents paramètres de base tels que : la température de départ du fluide chauffant, la chute de température entrée/sortie dans la boucle, le mode de pose du plancher chauffant, le diamètre du tube, etc.

Ce programme de calcul THERMASOL fonctionnant sur Excel permet de dimensionner les installations de panneaux chauffants dans des installations de chauffage par le sol.

Ce programme permet de calculer très rapidement :

- ❖ Les pas de pose des tubes chauffants (les écartements entre les tubes des panneaux chauffants)
- ❖ Le linéaire de tubes chauffant à installer dans un chauffage par le sol.
- ❖ Les émissions thermiques des planchers chauffants en fonction de différents paramètres tels que les températures du fluide chauffant, du diamètre des tubes chauffants et du mode de pose.
- ❖ Le contrôle de la température de surface du plancher chauffant.
- ❖ Le calcul des pertes de charge des boucles chauffantes avec le contrôle des vitesses de passage.
- ❖ Les émissions thermiques en mode rafraîchissement avec contrôle de la température de surface de sol.

Il s'applique sur tous les types de panneaux chauffants et tient compte tout particulièrement des conditions de fonctionnement (Paramétrages réglables), telles que :

- ❖ la température du fluide chauffant (départ et retour)
- ❖ le mode de pose de chaque panneau chauffant
- ❖ la température du fluide de départ en mode rafraîchissant.
- ❖ la conductivité du béton d'enrobage (W/ m.K)
- ❖ du diamètre et du type de tube chauffant (PER, cuivre, acier, etc.)
- ❖ les températures ambiantes des locaux attenants à la dalle chauffante
- ❖ la limite de température superficielle surface de sol.
- ❖ la limitation du pas (Distance maximale entre 2 tubes)
- ❖ Des modules de calculs complémentaires sont incorporés au programme, à savoir :
- ❖ Une bibliothèque de différents modes pose de planchers chauffants.
- ❖ Une liste constituée de 60 canalisations réparties sur 5 catégories de réseaux.
- ❖ Une feuille de calcul d'équipements annexes (Vase d'expansion, soupape, etc.)

Le programme de calcul est pourvu d'une commande barre personnalisée donnant accès aux différentes procédures, boîtes de calculs et macro-commandes.

Les fichiers de travail sont créés séparément permettant d'alléger le stockage des données.

## 2 PRESENTATION DU PROGRAMME THERMASOL

### Intégration de la barre d'outils personnalisée du programme de calcul

Le programme Thermasol est pourvu d'une commande barre personnalisée donnant accès aux différentes procédures, boîtes de calculs et macro-commandes.

Les fichiers de travail sont créés séparément permettant d'alléger le stockage des données.

Les procédures et les fonctions dans un fichier add-in ajoutent des commandes optionnelles dans l'environnement de Microsoft Excel.

Par exemple sur Excel 2007 / 2010, la barre de commande est accessible en cliquant sur l'onglet « Compléments » qui est disponible après avoir chargé le programme de calcul et activer les macros.

Dans le cas présent, une barre d'outils personnalisée du programme Thermasol de ThermExcel s'est rajoutée. (Ceci est valable également pour les autres programmes)

**Éléments circuit fluide chauffant**

- 40 °C** - Température de départ (35 à 45°C)
- 30 °C** - Température de retour (10°C en moins sur départ)

**Éléments dalles chauffantes**

- 20 °C** - Limite température superficielle surface de sol
- 30 cm** - Limitation du pas (Distance maximale entre 2 tubes)
- 1,15** - Conductivité du béton d'enrobage (W/m.K)
- 20%** - Majoration déperditions

**Plancher sur terre plein**

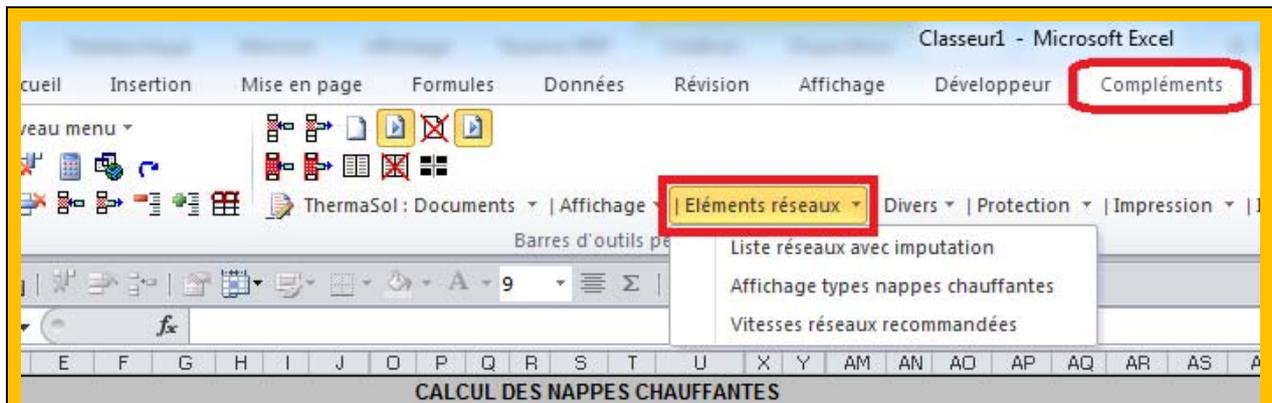
- 7 °C** - Température extérieure
- 1,00m** - Longueur isolant périphérique
- 0,04** - Conductivité thermique de l'isolant
- 5 cm** - Epaisseur de l'isolant

**Yaleurs résultantes**

- a1** Facteur d'émission vers le haut du plancher
- a2** Facteur d'émission vers le bas du plancher
- a3** Diamètre intérieur du tube chauffant
- a4** Longueur du tube chauffant dans la dalle (Max)
- a5** Puissance thermique linéaire émise par le tube
- a6** Puissance thermique totale émise par le tube
- a7** Ratio de puissance émise vers le haut par m<sup>2</sup>
- a8** Température superficielle du sol
- a9** Puissance thermique émise du plancher chau
- a10** Puissance thermique émise du plancher chau
- a11** Puissance thermique complémentaire à prév
- a12** Débit d'eau dans le tube de nappe chauffante

ELEMENTS DE BASES										CARACTERISTIQUES DES NAPPES CHAUFFANTES																
Désignation	Température	Déperditions			Surface plancher			Nappes chauffantes										Emissions de chaleur planchers			App					
N°	piécer	ambian	Kb	D (W)	Appartir	Lq/zone	Lerq.	Surf utilis	Sélect	Q	Lisèren	Bardu	Matériau	Pas d	Type planchor	Q ext	Q int	Linéaire	tube	totale	Ratim	Tranf	Hout (Eb)	Bar (Eb)	réco	
	A	B	C	D		E	F	G	H	I	J	K	Nature	cm	Désignation	mm	mm	Linéaire	tube	W/m²	W/m²	°C	W	W	W	
																		a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a

Sur cette barre d'outils personnalisée on peut accéder à différentes fonctions du programme. On va en premier lieu cliquer sur « **ThermSol : Documents** » ou va s'afficher un menu déroulant et en cliquant sur « **Création d'un fichier de travail** » on va créer un document de travail qu'on pourra ensuite sauvegarder.



Toujours sur cette barre d'outils personnalisée on peut accéder à d'autres différentes fonctions du programme comme par exemple sur « **Eléments réseaux** » et bien d'autres encore.

**Codage des canalisations de la table réseaux**

Cliquez avec la souris sur la ligne souhaitée et cliquez sur OK, le code réseau sera placé dans le presse-papier. Ensuite positionnez vous dans la colonne code dans l'entité réseaux et cliquez avec le bouton de droit de la souris + collez.

Codage	Nature	Désignation	Dim. nomin.	Ø INT	épais.	Ø EXT.	rugosité
=====							
CP12	PVC ch sol	12/1,1	DN12 - 3/8"	9,80		12,00	0,003
CP16	PVC ch sol	16/1,5	DN15 - 1/2"	13,00		16,00	0,003
CP20	PVC ch sol	20/2	DN20 - 3/4"	16,20		20,00	0,003
CP25	PVC ch sol	25/2,3	DN25 - 1"	20,40		25,00	0,003
=====							
CU10	cuivre	10/12	CU12 - 3/8"	10,00	1	12,00	0,0015
CU12	cuivre	12/14	DN15 - 1/2"	12,00	1	14,00	0,0015
CU14	cuivre	14/16	5/8"	14,00	1	16,00	0,0015
CU16	cuivre	16/18	16,00	1	18,00	18,00	0,0015

Vous pouvez imputer au clavier le code directement dans la cellule souhaitée

OK

©2001-2003 Jean Yves MESSE

## Codage des nappes chauffantes

Cliquez avec la souris sur la ligne souhaitée et cliquez sur OK, le code réseau sera placé dans le presse-papier.  
 Ensuite positionnez vous dans la colonne code dans l'entité réseaux et cliquez avec le bouton de droit de la souris + collez.

Code	Désignation	Epr	Conductivité	Rb	Kb	ab	Epr	Conduc	Rh	Kh	ah
	- rh	---	---	---	---	---	---	---	0,086	---	---
	- revêtement de sol	---	---	---	---	---	---	---	0,040	---	---
	- dalle béton niv. sup.	---	---	---	---	---	0,10m	1,75	0,057	---	---
	- dalle béton niv. inf.	0,10m	1,75	0,057	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	---	---	0,160	---	---	---	---	---	---	---
-----											
2	Intermédiaire N°2	---	---	1,451	0,689	7,13%	---	---	0,111	8,974	92,87%
	- rh	---	---	---	---	---	---	---	0,086	---	---
	- revêtement de sol	---	---	---	---	---	---	---	0,040	---	---
	- dalle béton niv. sup.	---	---	---	---	---	0,10m	1,4	0,071	---	---
	- dalle béton niv. inf.	0,10m	1,400	0,071	---	---	---	---	---	---	---
	- polystyrène	0,05m	0,041	1,220	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	---	---	0,160	---	---	---	---	---	---	---

Vous pouvez imputer au clavier le code

directement dans la cellule souhaitée

©2001-2008 Jean Yves MESSE

OK

## Vitesse maximales recommandées

Données indicatives des vitesses maximales recommandées selon l'implantation des canalisations dans des installations thermiques classiques.

Il est également important de vérifier la perte de charge linéaire (valeur moyenne 10 à 15 dPa/m pour les installations classiques).

Dans la dernière colonne, il est indiqué la distance maximale entre support.

Ø nominal			Ø EXT.	Ø INT.	Tarif	sous/sol	en étage	caniveau
CU12	2	12/14	14	12,00	cuivre		0,50	
PVC12	1	12/1,1	12,00	9,80	PVC			
12	1	12/17	17,20	13,20	T1	0,45	0,45	
CU14	2	14/16	16	14,00	cuivre	0,45	0,55	
15	1	15/21	21,30	16,60	T1	0,55		
PVC16	1	16/1,5	16,00	13,00	PVC			
CU16	2	16/18	18	16,00	cuivre	0,60	0,60	
CU18	2	18/20	20	18,00	cuivre	0,70	0,65	
CU20	2	20/22	22	20,00	cuivre	0,70	0,70	
PVC20	1	20/1,9	20,00	16,20	PVC			
20	1	20/27	26,90	22,20	T1	0,70	0,70	
25	1	26/34	33,70	27,90	T1	0,80	0,80	

©2001 Jean Yves MESSE

OK

## « Feuille de calcul du vase d'expansion et équipements divers »

				Linéaire		Calorifuge		Peinture		Contenance eau		
Volume d'eau (valeurs indicatives)				m	épr	surf/m2/ml	Q x surf	surf/m2/m	Q x surf	U	litres	U x Q
- ventilo-convecteurs : 5 à 6l / 1kW/h - aérothermes : 7 à 8 / 1kW/h - panneaux de sol : 8,5 à 10l / 1kW/h - radiateurs acier : 10 à 11l / 1kW/h - chaufferie centrale et collectives : 2 l / 1kW/h										8 kw	8,00 l 9,00 l 11,00 l 2,00 l	64,00 l
Ø nominal		Ø EXT.	Ø INT							m	l/m	m x Q
CU10	10/12	12,00 mm	10,00 mm	25 mm	0,195 m2		0,038 m2				0,079 l	
CU12	12/14	14,00 mm	12,00 mm	25 mm	0,201 m2		0,044 m2				0,113 l	
	12	12/17	17,20 mm	25 mm	0,211 m2		0,054 m2	0,54 m2		10 m	0,137 l	1,37 l
CU14	14/16	16,00 mm	14,00 mm	25 mm	0,207 m2		0,050 m2				0,154 l	
	15	15/21	21,30 mm	25 mm	0,224 m2		0,067 m2				0,216 l	
CU16	16/18	18,00 mm	16,00 mm	25 mm	0,214 m2		0,057 m2				0,201 l	
CU18	18/20	20,00 mm	18,00 mm	25 mm	0,220 m2		0,063 m2				0,254 l	
CU20	20/22	22,00 mm	22,00 mm	25 mm	0,226 m2		0,069 m2				0,380 l	
	20	20/27	26,90 mm	25 mm	0,241 m2		0,084 m2				0,387 l	
	25	26/34	33,70 mm	25 mm	0,263 m2		0,106 m2				0,611 l	
CU26	26/28	28,00 mm	26,00 mm	25 mm	0,245 m2		0,088 m2				0,531 l	
CU30	30/32	32,00 mm	30,00 mm	25 mm	0,257 m2		0,100 m2				0,707 l	
	32	33/42	42,40 mm	25 mm	0,290 m2		0,133 m2				1,052 l	
CU34	34/36	36,00 mm	34,00 mm	25 mm	0,270 m2		0,113 m2				0,907 l	
CU40	40/42	42,00 mm	40,00 mm	25 mm	0,289 m2		0,132 m2				1,256 l	
	40	40/49	48,30 mm	25 mm	0,309 m2		0,152 m2				1,418 l	
	50	50/60	60,30 mm	50 mm	0,503 m2		0,189 m2				2,272 l	
	65	66/76	76,10 mm	50 mm	0,553 m2		0,239 m2				3,803 l	
	80	80/90	88,90 mm	50 mm	0,593 m2		0,279 m2				5,330 l	
	100	107/114	114,30 mm	50 mm	0,673 m2		0,359 m2				8,704 l	
	125	133 / 7	133,00 mm	50 mm	0,732 m2		0,418 m2				12,27	
	150	168,3 / 4,5	168,30 mm	50 mm	0,842 m2		0,528 m2				19,92	
	200	213,1 / 6,3	213,10 mm	50 mm	1,002 m2		0,688 m2				33,73	
	250	273 / 6,3	273,00 mm	50 mm	1,171 m2		0,857 m2				53,23	
	300	323,9 / 7,1	309,70 mm	50 mm	1,331 m2		1,017 m2				75,29	
Calorifuge									Peinture	0,54	Volume d'eau	65,37L

### Calcul du vase d'expansion sous pression d'azote (Vase d'expansion fermé)

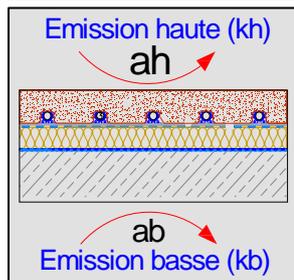
	65,37L
<b>Pression circuit d'eau</b>	1,00 bar
<b>Calcul expansion</b>	3,00 bar
- Temp. d'eau de remplissage <b>10 °C</b>	3,58%
- Temp. d'eau en fonctionnement <b>90 °C</b>	2,34L
<b>Facteur de pression installation</b>	2,01
<b>Volume utile du vase expansion (Vexp)</b>	4,70L
<b>Volume utile de sécurité en cas de perte d'eau installation</b>	2,00L x 2,01 = 4,01L
<b>Volume nominal du vase d'expansion (Vn)</b>	8,71L

## 3 SYNTHÈSE PLANCHERS CHAUFFANTS

### 3.1 Définition des différents types de planchers chauffants

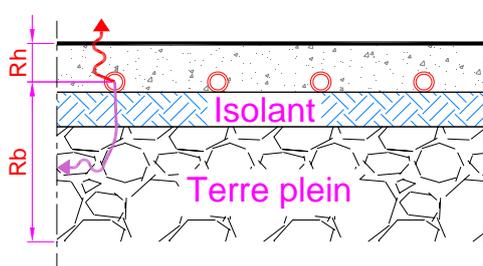
La plus grande partie des émissions se font par le sol car la pose d'un isolant sous les tubes est pratiquement systématique.

#### Répartition de flux de chaleur d'un panneau chauffant.

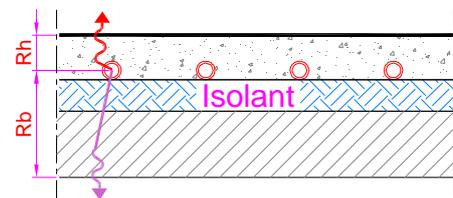


#### Exemples de mode pose ou types structures de planchers chauffants

Inertie thermique ("temps de réponse thermique", pour plus d'exactitude) relativement plus faible du fait de la faible épaisseur (de 6 à 8 cm en règle générale) de la dalle chauffante (chape) bien isolée en sous face.



Pose sur terre plein



Pose sur dalle intermédiaire

Le coefficient d'échange de chaleur au travers d'un plancher chauffant basse température ne dépasse pas généralement  $11 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (Tout dépend du mode de pose), ce qui signifie que les puissances émises avec une température superficielle du sol limité à  $28^\circ\text{C}$  seront tout au plus :

- ❖ Température ambiante de  $18^\circ\text{C}$  (Delta T  $10^\circ\text{C}$ ) =  $110 \text{ W / m}^2$
- ❖ Température ambiante de  $20^\circ\text{C}$  (Delta T  $8^\circ\text{C}$ ) =  $88 \text{ W / m}^2$

#### Résistances thermiques & revêtements de sol

### Résistance thermique des différents revêtements de sol

- tapis d'épaisseur	0,010	0,150		
	0,008	0,120		
	0,006	0,090		
	0,004	0,060		
- parquet chêne, nu	0,001	0,050		
- parquet chêne, avec tapis de 10 mm		0,200		
- parquet chêne, avec tapis de 8 mm		0,170		
- parquet chêne, avec tapis de 6 mm		0,140		
- parquet chêne, avec tapis de 4 mm		0,110		
- revêtement P.V.C. 5mm, nu		0,025		
- revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 10mm		0,175		
- revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 8 mm		0,145		
- revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 6 mm		0,115		
- revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 4 mm		0,085		
- revêtement marbre 20mm, nu		0,010		
- revêtement marbre 20mm, avec tapis 10mm		0,160		
- revêtement marbre 20mm, avec tapis 8mm		0,130		
- revêtement marbre 20mm, avec tapis 6mm		0,100		
- revêtement marbre 20mm, avec tapis 4mm		0,070		

La résistance thermique des revêtements de sol, y compris leur éventuelle couche (sous couche acoustique par exemple) ne doit pas dépasser : 0,15 m<sup>2</sup> K/W.

### Nota : Parquet bois sur un plancher chauffant, les précautions à prendre :

#### Parquets collés

On devra s'assurer au préalable à la pose que la résistance thermique du revêtement prévu n'excède pas 0,15 m<sup>2</sup> K/W.

La température de surface du parquet doit être inférieure à 28 °C.

La pose de parquets en bois de bout n'est pas admise sur sol chauffant.

Ces dispositions sont prévues en vue de stabiliser le support à la teneur en eau correspondant à ses conditions ultérieures de service voisines de 2 % et d'éviter une migration ascendante d'humidité.

#### Parquets flottants

Se référer à la norme NF P 63-204 (Référence DTU 51.11).

Dans le cas où le fabricant autorise une pose sur sol chauffant, quelle que soit la saison, il y a lieu, préalablement aux travaux de parquetage, de mettre en route le chauffage pendant trois semaines au moins.

La pose du parquet est alors réalisée en respectant les dispositions particulières telles que définies dans la norme NF P 63-204-1 (Référence DTU 51.11).

#### Parquets sur lambourdes

Ce type de revêtement ne peut en aucun cas être employé avec un sol chauffant, en effet l'espace d'air entre la face intérieure des lattes et le sol chauffant présenterait une résistance thermique

beaucoup trop importante.

## 3.2 Bibliothèques des types de planchers chauffants

Ce programme comprend une feuille de données des modes type de pose de planchers chauffants.

### Les modes de pose prédéfinis sont :

- ❖ Les planchers sur terre-plein
- ❖ Le plancher sur porche
- ❖ Le plancher sur sous-sol
- ❖ Le plancher intermédiaire
- ❖ Le plancher sous combles
- ❖ Le plancher sous terrasse

Dans la feuille de calcul des planchers chauffants il suffit simplement d'entrer le code du mode de pose.

Pour chacun des modes de pose prédéfinis, l'utilisateur peut modifier les différents éléments constituant la dalle en-dessous et au-dessus du tube, en introduisant l'épaisseur du composant en cm (ou la résistance) et le lambda.

La feuille de calcul permet de calculer la répartition d'émission de chaleur vers le haut et le bas en fonction du mode de pose dans le panneau chauffant.

Eventuellement l'utilisateur peut rajouter d'autres types de mode de pose.

CARACTERISTIQUES THERMIQUES DES PANNEAUX CHAUFFANTS													
Code	Désignation	Vers le bas					Vers le haut					Rg	U
		Epr	conductiv	Rb	Kb	ab	Epr	conductiv	Rb	Kh	ah		
N°	Désignation + Composition des parois	Epaisseur m	Conductivité W/m·C	Résistance m²·C/W	Coef. de transmission W/m²·C	Facteur d'absorption %	Epaisseur m	Conductivité W/m·C	Résistance m²·C/W	Coef. de transmission W/m²·C	Facteur d'absorption %	Résistance globale m²·C/W	Coefficient global
<b>1</b>	<b>Intermédiaire N°1</b>			<b>0,217</b>	<b>4,585</b>	<b>30,91%</b>			<b>0,097</b>	<b>10,294</b>	<b>69,09%</b>	<b>0,314</b>	<b>3,182</b>
	- rh	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- revêtement dorsal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- dalle béton niv. sup.	---	---	---	---	---	<b>0,10m</b>	<b>1,75</b>	<b>0,057</b>	---	---		
	- dalle béton niv. inf.	<b>0,10m</b>	<b>1,75</b>	<b>0,057</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- rb	---	---	<b>0,160</b>	---	---	---	---	---	---	---		
<b>2</b>	<b>Intermédiaire N°2</b>			<b>1,451</b>	<b>1,583</b>	<b>7,13%</b>			<b>0,111</b>	<b>8,374</b>	<b>92,87%</b>	<b>1,562</b>	<b>0,640</b>
	- rh	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- revêtement dorsal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- dalle béton niv. sup.	---	---	---	---	---	<b>0,10m</b>	<b>1,4</b>	<b>0,071</b>	---	---		
	- dalle béton niv. inf.	<b>0,10m</b>	<b>1,400</b>	<b>0,071</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- polystyrène	<b>0,05m</b>	<b>0,041</b>	<b>1,220</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- rb	---	---	<b>0,160</b>	---	---	---	---	---	---	---		
<b>3</b>	<b>Intermédiaire N°3</b>			<b>1,287</b>	<b>1,777</b>	<b>6,68%</b>			<b>0,086</b>	<b>10,849</b>	<b>93,32%</b>	<b>1,380</b>	<b>0,725</b>
	- rh	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- revêtement dorsal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- Béton d'enrabaqe niv. sup.	---	---	---	---	---	<b>0,04m</b>	<b>1,15</b>	<b>0,052</b>	---	---		
	- Béton d'enrabaqe niv. inf.	<b>0,02m</b>	<b>1,150</b>	<b>0,013</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- polystyrène	<b>0,04m</b>	<b>0,040</b>	<b>1,000</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- béton	<b>0,04m</b>	<b>1,750</b>	<b>0,114</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- rb	---	---	<b>0,160</b>	---	---	---	---	---	---	---		
<b>4</b>	<b>Intermédiaire N°4</b>			<b>1,276</b>	<b>1,784</b>	<b>6,74%</b>			<b>0,086</b>	<b>10,849</b>	<b>93,26%</b>	<b>1,368</b>	<b>0,731</b>
	- rh	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- revêtement dorsal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	- Béton d'enrabaqe niv. sup.	---	---	---	---	---	<b>0,04m</b>	<b>1,15</b>	<b>0,052</b>	---	---		
	- Béton d'enrabaqe niv. inf.	<b>0,02m</b>	<b>1,150</b>	<b>0,013</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- polystyrène	<b>0,04m</b>	<b>0,040</b>	<b>1,000</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- béton	<b>0,04m</b>	<b>1,750</b>	<b>0,103</b>	---	---	---	---	---	---	---		
	- rb	---	---	<b>0,160</b>	---	---	---	---	---	---	---		

<b>5</b>	<b>Intermédiaire N°5</b>			<b>1,480</b>	<b>1,67%</b>	<b>5,86%</b>			<b>###</b>	<b>10,849</b>	<b>34,14%</b>	<b>1,572</b>	<b>0,636</b>
	- rh	↑	---	---	---	---	---	---	0,086	---	---	---	---
	- revêtement dorsal	↑	---	---	---	---	---	---	<b>0,049</b>	---	---	---	---
	- Béton d'enrabaqe niv.zup.	↑	---	---	---	---	---	<b>0,06m</b>	<b>1,15</b>	<b>0,052</b>	---	---	---
	- Béton d'enrabaqe niv.inf.	↓	<b>0,02m</b>	<b>0,150</b>	0,013	---	---	---	---	---	---	---	---
	- <b>polystyrène</b>	↓	<b>0,05m</b>	<b>0,049</b>	1,250	---	---	---	---	---	---	---	---
	- Plancher bois	↓	<b>0,02m</b>	<b>0,350</b>	0,057	---	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	↓	---	---	0,160	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>6</b>	<b>Toiture terrasse</b>			<b>0,189</b>	<b>5,33%</b>	<b>87,95%</b>			<b>1,376</b>	<b>0,727</b>	<b>12,05%</b>	<b>1,564</b>	<b>0,639</b>
	- rh	↑	---	---	---	---	---	---	0,050	---	---	---	---
	- étanchéité multicouche	↑	---	---	---	---	---	---	<b>0,049</b>	---	---	---	---
	- <b>polystyrène</b>	↑	---	---	---	---	---	<b>0,05m</b>	<b>0,04</b>	1,250	---	---	---
	- dalle béton niv.zup.	↑	---	---	---	---	---	<b>0,15m</b>	<b>1,75</b>	<b>0,086</b>	---	---	---
	- dalle béton niv.inf.	↓	<b>0,05m</b>	1,75	0,029	---	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	↓	---	---	0,160	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>7</b>	<b>Combles</b>			<b>0,189</b>	<b>5,33%</b>	<b>87,81%</b>			<b>1,359</b>	<b>0,736</b>	<b>12,13%</b>	<b>1,547</b>	<b>0,646</b>
	- rh	↑	---	---	---	---	---	---	0,100	---	---	---	---
	- revêtement en camble	↑	---	---	---	---	---	---	<b>0,049</b>	---	---	---	---
	- <b>polystyrène</b>	↑	---	---	---	---	---	<b>0,05m</b>	0,04	1,250	---	---	---
	- dalle béton niv.zup.	↑	---	---	---	---	---	<b>0,12m</b>	1,75	<b>0,069</b>	---	---	---
	- dalle béton niv.inf.	↓	<b>0,05m</b>	1,75	0,029	---	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	↓	---	---	0,160	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>8</b>	<b>Sous-sol</b>			<b>1,479</b>	<b>1,67%</b>	<b>10,74%</b>			<b>0,178</b>	<b>5,622</b>	<b>83,26%</b>	<b>1,656</b>	<b>0,604</b>
	- rh	↑	---	---	---	---	---	---	0,086	---	---	---	---
	- revêtement dorsal	↑	---	---	---	---	---	---	<b>0,049</b>	---	---	---	---
	- Béton d'enrabaqe	↑	---	---	---	---	---	<b>0,06m</b>	1,15	<b>0,052</b>	---	---	---
	- dalle béton niv.zup.	↑	---	---	---	---	---	<b>0,15m</b>	1,75	<b>0,086</b>	---	---	---
	- dalle béton niv.inf.	↓	<b>0,05m</b>	1,75	0,029	---	---	---	---	---	---	---	---
	- <b>polystyrène</b>	↓	<b>0,05m</b>	0,04	1,250	---	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	↓	---	---	0,200	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>9</b>	<b>Sous-sol</b>			<b>1,479</b>	<b>1,67%</b>	<b>10,74%</b>			<b>0,178</b>	<b>5,622</b>	<b>83,26%</b>	<b>1,656</b>	<b>0,604</b>
	- rh	↑	---	---	---	---	---	---	0,086	---	---	---	---
	- revêtement dorsal	↑	---	---	---	---	---	---	<b>0,049</b>	---	---	---	---
	- Béton d'enrabaqe	↑	---	---	---	---	---	<b>0,06m</b>	1,15	<b>0,052</b>	---	---	---
	- dalle béton niv.zup.	↑	---	---	---	---	---	<b>0,15m</b>	1,75	<b>0,086</b>	---	---	---
	- dalle béton niv.inf.	↓	<b>0,05m</b>	1,75	0,029	---	---	---	---	---	---	---	---
	- <b>polystyrène</b>	↓	<b>0,05m</b>	0,04	1,250	---	---	---	---	---	---	---	---
	- rb	↓	---	---	0,200	---	---	---	---	---	---	---	---



## 3.3 Dimensionnement des planchers chauffants

### Température ambiante du local

Le plancher chauffant/rafraîchissant se comporte comme un grand radiateur au sol. La chaleur, diffusée par rayonnement, est homogène dans toute la pièce. Avec la suppression de zones froides, ce mode de chauffage permet d'obtenir la même sensation de bien-être à 18°C qu'avec un autre type de chauffage à 20°C (sécurité thermique). Un abaissement d'un degré de la température ambiante générant 7% d'économie d'énergie (source Adème), le rapport qualité-prix-exploitation du plancher chauffant/rafraîchissant est particulièrement intéressant.

### Température superficielle de planchers chauffants

La température superficielle maximale du sol en France est fixée par décret à 28°C en tout point du local pour une température intérieure de 19°C (DTU 65.8).

La norme européenne donne des valeurs un peu plus importantes, 29°C et même 35°C pour les zones de bordure pour une température intérieure de 20°C.

### Température du fluide chauffant

Le choix de la température de départ du fluide n'est pas aussi facile qu'il y paraît. La température de départ va influencer :

- ❖ la température superficielle du sol
- ❖ les émissions thermiques hautes du plancher chauffant, donc, la longueur de la boucle et par conséquent le pas.

Dans tous les cas, la température maximale du fluide ne devra pas excéder 50°C (DTU 65.8)

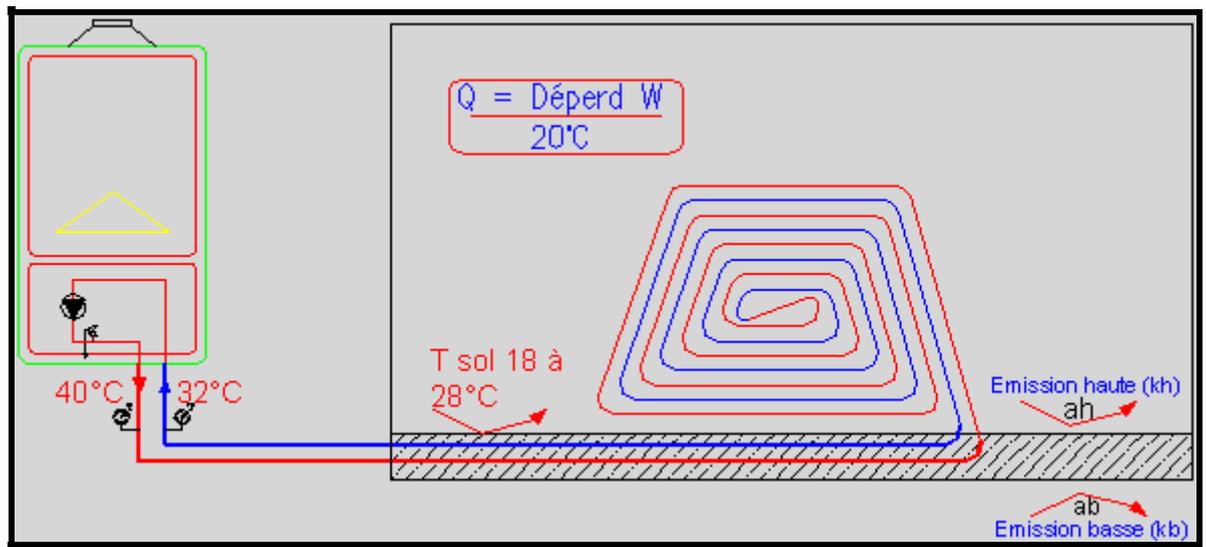
La chute de température d'un plancher chauffant se fait sur une plage de 5 à 10°C et plus généralement 8 à 10°C.

Si la température superficielle du sol dépasse 28°C il y a lieu de prendre une température de départ du fluide inférieure ou d'augmenter la chute de température du fluide.

La température de départ de l'eau : 50°C maxi, ce qui donne une température moyenne, avec une chute de 10°C, de 45°C. Afin de ne pas risquer de dépasser la température superficielle du sol, fixé par décret à 28°C.

Les températures moyennes généralement utilisées sont : 35, 40 et 45°C ce qui permet aussi d'abaisser le coût d'exploitation. Ces températures ne sont pas des obligations, il est tout à fait possible de baser une étude sur une température de départ de 36°C (généralement on ne descend pas en dessous 35°C) et d'adopter une chute de 8°C ceci donne alors une température moyenne de 32°C.

Il faut savoir qu'en moyenne la température de la peau chez l'homme est d'environ 31°C il est donc difficile, par simple contact, de détecter la présence d'un sol chauffant, on peut tout au plus constater que le sol n'est pas relativement froid.



### Inertie

Le chauffage par le sol est intéressant (tant au niveau du confort que de la consommation) :

- ❖ dans des locaux situés au-dessus de locaux chauffés,
- ❖ non soumis à des apports de chaleur importants et variables (occupants, soleil, ...),
- ❖ à usage continu (de type hébergement).

Par exemple, le chauffage par le sol ne convient pas vraiment pour une école dont le temps d'occupation et les apports de chaleur gratuits (élèves, ensoleillement) sont importants. Pas plus pour un restaurant. Il ne convient pas non plus pour tout local fortement ensoleillé.

Par contre, il convient tout à fait dans les locaux de grande hauteur (atrium, local avec mezzanine, etc.) pour lesquels la stratification des températures devient importante dans le cas d'un chauffage par convection.

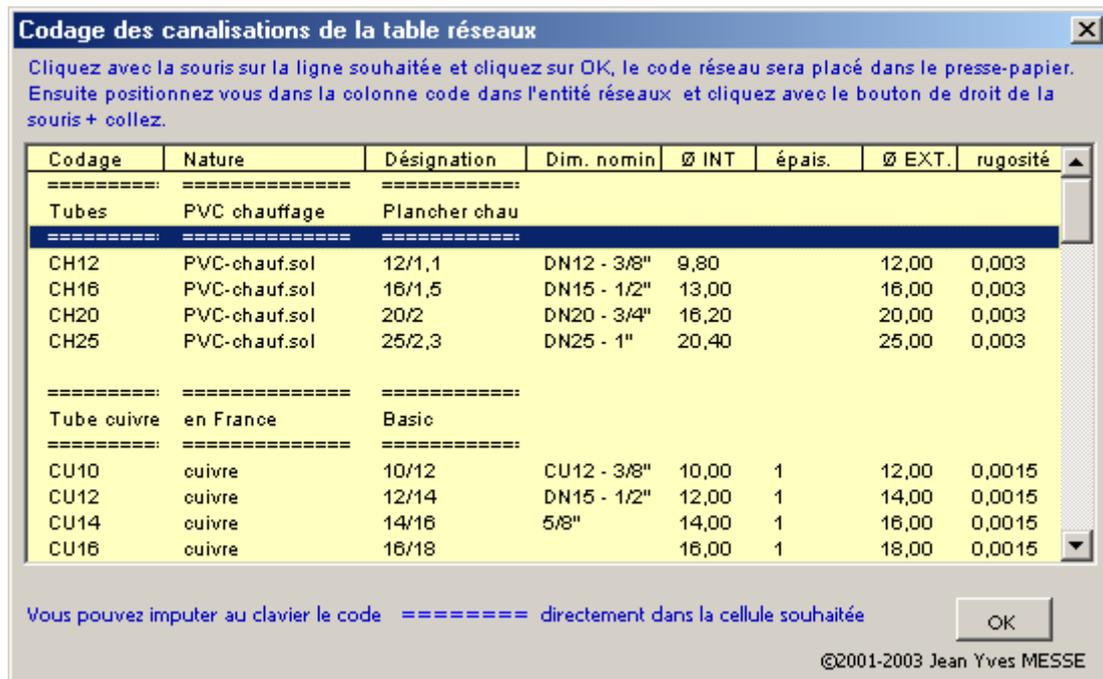
### Pas de pose

On appelle le "**pas**", l'écartement en centimètre qu'il y a entre les tubes du panneau.

Prévoir une boucle minimum par pièce, ce qui permet d'avoir une indépendance et donc une possibilité d'adapter chaque pièce au confort souhaité. Dans la mesure du possible il faut essayer de ne pas avoir de boucle commune à plusieurs pièces car sinon il y a interdépendance, ce qui génère des problèmes d'équilibrage pour obtenir la température d'équilibre thermique.

Dans le cas du plancher avec fonction réversible, les calculs de pas seront faits en respectant la température maximale de sol de 28°C en tout point et ce pour la température extérieure de base.





Les types de canalisations intégrées dans le programme HydroExcel pour le calcul des pertes de charge, sont :

- ❖ Tube acier noir T1 et T2 (utilisation classique) - Diamètre DN12 à DN50
- ❖ Tube acier noir T3 - Diamètre DN12 à DN50
- ❖ Tube cuivre (usage courant) - Diamètre DN10 à DN 50/52
- ❖ Tube cuivre selon normes Européenne série X, Y ,Z - Diamètre 4 à 42 mm
- ❖ Tube polyéthylène (PER) - Diamètre DN12 à DN 25

Les tubes en matériau de synthèse sont plus faciles à manœuvrer que les tubes en acier. Fournis en couronnes de différentes longueurs pour une plus grande commodité, ils évitent les raccords dans le sol contrairement aux soudures qui étaient faites sur le tube acier.

### Diamètre des tubes

Les canalisations en tube cuivre qu'il est possible d'utiliser sont 10x12, 13x16, 16x20 et 20x25

Les canalisations les plus utilisées les tubes PER en Ø 13x16 et 16x20.

L'émission thermique d'un tube 13x16 sera moindre que pour un tube de 16 x 20 (-5% à -10% en moyenne en W/m°C).

Les longueurs de tubes qu'il faut dépasser sont :

- ❖ 160 m pour du tube 16x20.
- ❖ 120 m pour du tube 13x16.

Le risque d'entartrage par les boues de chauffage des canalisations sera réduit avec du 16x20.

La perte de charge de la boucle la plus défavorisée ne doit pas dépasser 500 mbar si possible pour réduire les coûts de consommation d'électricité.

La partie de tuyauterie alimentant un panneau et traversant un autre panneau est appelée ' passage '. L'émission de ces tuyauteries vient donc en déduction des besoins calorifiques à assurer par le panneau qu'elles traversent.



### 3.6 Feuille de calcul d'équipements annexes

Dans le programme Thermasol, une feuille de calcul complémentaire totalement programmée peut être insérée dans le fichier de travail.

				Linéaire		Calorifuge		Peinture		Contenance eau				
				m	épr	surf/m <sup>2</sup> m	Q x surf	surf/m <sup>2</sup> m	Q x surf	U	litres	U x Q		
Volume d'eau (valeurs indicatives)														
- ventilateurs : 5 à 6 l / kWh										8 ku	8,00 l	64,00 l		
- aérothermes : 7 à 8 l / kWh										9,00 l				
- panneaux solaires : 8,5 à 10 l / kWh										6 ku	11,00 l	66,00 l		
- radiateurs acier : 10 à 11 l / kWh										300 ku	2,00 l	600,00 l		
- chauffage central et collectif : 2 l / kWh														
Ø nominal		Ø EXT.	Ø INT.							m	l/m	m x Q		
32	33/42	42,40 mm	36,60 mm	100 m	25 mm	0,290 m <sup>2</sup>	29,01 m <sup>2</sup>	0,133 m <sup>2</sup>	13,31 m <sup>2</sup>	100 m	1,052 l	105,16 l		
CU34	34/36	36,00 mm	34,00 mm		25 mm	0,270 m <sup>2</sup>		0,113 m <sup>2</sup>			0,907 l			
CU40	40/42	42,00 mm	40,00 mm		25 mm	0,289 m <sup>2</sup>		0,132 m <sup>2</sup>			1,256 l			
40	40/49	48,20 mm	42,50 mm	80 m	25 mm	0,309 m <sup>2</sup>	24,69 m <sup>2</sup>	0,152 m <sup>2</sup>	12,13 m <sup>2</sup>	80 m	1,418 l	113,43 l		
50	50/60	60,20 mm	53,80 mm	50 m	50 mm	0,503 m <sup>2</sup>	25,17 m <sup>2</sup>	0,189 m <sup>2</sup>	9,47 m <sup>2</sup>	50 m	2,272 l	113,61 l		
65	66/76	76,10 mm	69,60 mm		50 mm	0,553 m <sup>2</sup>		0,239 m <sup>2</sup>			3,80 l			
80	80/90	88,90 mm	82,40 mm	60 m	50 mm	0,593 m <sup>2</sup>	35,59 m <sup>2</sup>	0,279 m <sup>2</sup>	16,75 m <sup>2</sup>	60 m	5,33 l	319,80 l		
100	107/114	114,20 mm	105,20 mm		50 mm	0,673 m <sup>2</sup>		0,359 m <sup>2</sup>			8,70 l			
125	139/17	133,00 mm	125,00 mm		50 mm	0,732 m <sup>2</sup>		0,418 m <sup>2</sup>			12,27 l			
150	168,3/4,5	168,20 mm	159,20 mm		50 mm	0,842 m <sup>2</sup>		0,528 m <sup>2</sup>			19,92 l			
200	219,1/6,3	219,10 mm	207,20 mm		50 mm	1,002 m <sup>2</sup>		0,688 m <sup>2</sup>			33,73 l			
250	273/6,3	273,00 mm	260,40 mm		50 mm	1,171 m <sup>2</sup>		0,857 m <sup>2</sup>			53,23 l			
300	323,9/7,1	323,90 mm	309,70 mm		50 mm	1,321 m <sup>2</sup>		1,017 m <sup>2</sup>			75,29 l			
						Calorifuge	213,59	Peinture	99,42	Volume d'eau		1605,1 L		
<b>Calcul du vase d'expansion sous pression d'azote (Vase d'expansion fermé)</b>														
- Volume d'eau dans l'installation (Va) -----											1605,08 L			
<b>Pression circuit d'eau</b>														
- Pression statique (Pa) + 0,3 bar (pression de gonflage vase d'expansion) -----											1,00 bar			
- Pression de fonctionnement installation (Po - Pression relative) -----											3,00 bar			
<b>Calcul expansion</b>														
- Temp. d'eau de remplissage <b>10 °C</b>														
- Densité eau à 10 bar pour 10°C, en kg/m <sup>3</sup> <b>999,78</b>											Facteur d'expansion (n) <b>3,58%</b>			
- Temp. d'eau en fonctionnement <b>90 °C</b>														
- Densité eau à 3 bar pour 90°C, en kg/m <sup>3</sup> <b>965,20</b>											Volume d'expansion eau <b>57,49 L</b>			
<b>Facteur de pression installation</b> -----											2,01			
<b>Volume utile du vase expansion (Vexp)</b> -----											115,36 L			
<b>Volume utile de sécurité en cas de perte d'eau installation</b> ----- <b>16,05 L</b> * <b>2,01</b>											32,21 L			
<b>Volume nominal du vase d'expansion (Vn)</b> -----											147,57 L			
<b>Vase d'expansion ouvert (Il doit obligatoirement être placé au point le plus haut de l'installation)</b>														
- Capacité utile en % en eau de l'installation <b>63</b>											<b>96,3 L</b> (capacité utile du vase d'expansion ouvert)			
- Ø du tube d'expansion (Vitesse < à 0.10 m/s)														
- Ø du tube de sécurité <b>300,0 kw</b>											<b>39 mm</b>			
<b>Soupape de sécurité</b>														
- Ø de raccordement du tube de sécurité											Puissance therm. <b>530,0 kw</b>	Ø mm <b>47 mm</b>		
<b>Bouteille casse pression</b>														
Vitesse dans la bouteille : 0,05 à 0,10 m/s											Puissance therm. <b>300,0 kw</b>	delta T <b>20 °C</b>	vit m/s <b>0,10</b>	Ø mm <b>214 mm</b>
<b>Volume d'eau minimum circuit eau glacée - V = (N x 60 x Z) / 4,18 x delta T</b>														
- Puissance du premier étage des refroidisseurs de liquide (kW)											N <b>67,0 kw</b>			
- Temps de fonctionnement minimum acceptable (mini 5 mn)											Z <b>5,00 mn</b>			
- Ecart de température aux conditions de charge partielle (approx. 2°C)											delta T <b>2 °C</b>			
- Contenance totale minimale en eau (litres) de l'installation											V <b>2404,3 L</b>			

Cette feuille permet de dimensionner les équipements complémentaires dans une installation thermique, à savoir :

- ❖ Le ou les vases d'expansion (fermé ou ouvert)
- ❖ La ou les soupapes de sécurité.

- ❖ La bouteille casse pression ou bouteille de découplage hydraulique.
  - ❖ Le volume d'eau tampon dans une installation d'eau glacée pour assurer le bon fonctionnement des refroidisseurs de liquide.
  - ❖ Le calcul automatique de la contenance en eau de l'installation, de la surface de calorifuge et de la peinture pour les travaux de sous-traitance par exemple.
- 

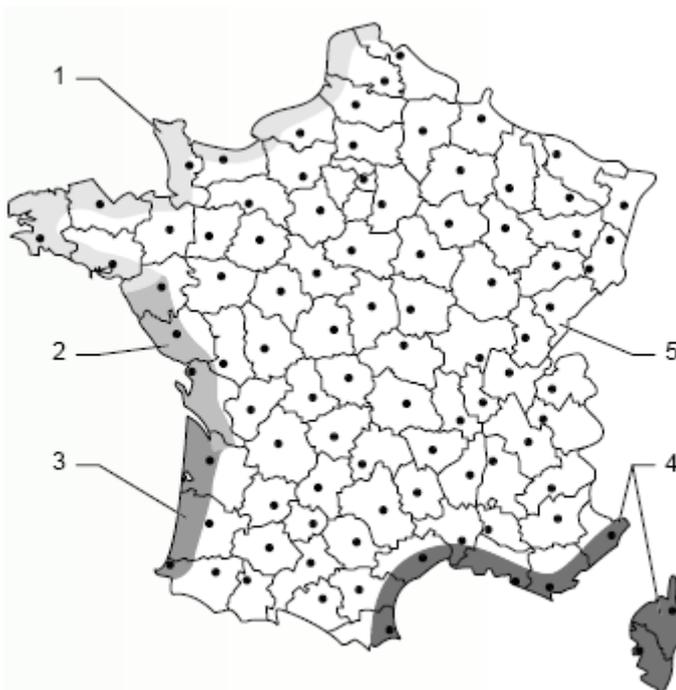
### 3.7 Planchers en mode rafraîchissement

**La capacité d'émission et d'absorption d'un** plancher réversible est limité dans sa possibilité à refroidir l'air ambiant et ceci pour les raisons suivantes, à savoir :

- ❖ d'empêcher les risques de condensation de l'humidité de l'air à la surface du sol.
- ❖ un plus faible coefficient d'échange superficiel (environ 6,25 W/m<sup>2</sup>/°C en moyenne contre 11,6 W/m<sup>2</sup>/°C pour le chauffage). Le sens du flux thermique vers le haut est réduit, la résistance thermique superficielle est plus importante ( $1 / 6,25 = 0,16$  m<sup>2</sup>.K/W contre  $1 / 11,6 = 0,086$  m<sup>2</sup>.K/W) ce qui réduit de façon significative les valeurs du coefficient surfacique.
- ❖ l'écart moyen des températures est moins important qu'en chauffage, ce qui réduit encore la possibilité d'absorber les apports thermiques.

Règles à respecter pour les planchers réversibles.

- ❖ Les isolants thermiques à base de matières plastiques alvéolaires sont seuls utilisables (polystyrène expansé, polystyrène extrudé, mousse de polyuréthane).
- ❖ Pour éviter tous risques de condensation sur les réseaux de distribution et tubes départ/retour vers le plancher prévoir si nécessaire un calorifuge.
- ❖ La résistance thermique au dessus du tube ne dépassera pas 0,13 m<sup>2</sup>.K/W (contre 0,15 m<sup>2</sup>.K/W pour un plancher fonctionnant en mode chauffage exclusivement), celle des revêtements de sol, situés au-dessus des éléments chauffants, étant limitée à 0,09 m<sup>2</sup>.K/W et celle de la dalle proprement dite à 0,04 m<sup>2</sup>.K/W.
- ❖ Les dalles ne doivent avoir pas une trop forte inertie thermique. Il est donc nécessaire de limiter leur masse surfacique (masse comptée au dessus de l'isolant) augmentée de celle du revêtement de sol associé à 160 kg/m<sup>2</sup>.
- ❖ Les différents locaux équipés d'un plancher rafraîchissant doivent être ventilés correctement.
- ❖ Les circuits pièces humides seront fermés en été.
- ❖ Si on utilise des régulations individuelles dans certaines pièces, la consigne d'été des thermostats d'ambiance des régulations individuelles ne descendra pas au dessous de 24 °C par système change-over.
- ❖ Une installation de climatisation doit comporter si possible par local desservi un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique de la fourniture de froid en fonction de la température intérieure.
- ❖ Le circuit de départ doit comporter un dispositif limitant la température de l'eau à l'entrée des panneaux rafraîchissant en période estivale.
- ❖ La température de l'eau en circulation dans le plancher rafraîchissant en fonction de la situation géographique ne sera pas inférieure aux valeurs ci-dessous :



Zone	Lieu géographique en France	Température minimale de départ du fluide
1	Zone côtière de la Manche, de la mer du Nord et de l'océan atlantique au nord de l'embouchure de la Loire, largeur 30 kms	19 °C
2	Zone côtière de l'océan atlantique au sud de l'embouchure de la Loire et au nord de l'embouchure de la Garonne, largeur 50 kms	20 °C
3	Zone côtière de l'océan atlantique au sud l'embouchure de la Garonne, largeur 50 kms	21 °C
4	Zone côtière méditerranéenne, largeur 50 kms	22 °C
5	Zone intérieure	18 °C

### Calcul du plancher rafraîchissant

La solution la plus utilisée est de ne pas tenir compte du mode rafraîchissant et de dimensionner le plancher pour le mode chauffage.

La capacité du plancher, en mode rafraîchissant, à absorber l'énergie générée par les apports thermiques est bien inférieure à la capacité à émettre, en mode chauffage, pour couvrir les déperditions thermiques,

Le coefficient d'échange de chaleur au travers d'un plancher rafraîchissant ne dépasse pas généralement  $7W/m^2 \cdot K$  (Tout dépend du mode de pose), ce qui signifie que les puissances émises seront tout au plus :

- ❖ Température ambiante du local :  $24^{\circ}C$  (Delta T 18 /  $21^{\circ}C$ ) = 31 W / m<sup>2</sup>
- ❖ Température ambiante du local :  $27^{\circ}C$  (Delta T 18 /  $22^{\circ}C$ ) = 49 W / m<sup>2</sup>
- ❖ Température ambiante du local :  $28^{\circ}C$  (Delta T 18 /  $22,5^{\circ}C$ ) = 54 W / m<sup>2</sup>

Il est peut être bon, lors des calculs de dimensionnement des grilles pour le chauffage, de prendre en compte le fait que le plancher fonctionnera aussi en mode rafraîchissant.

L'écart moyen des températures entre l'aller et le retour est plus faible qu'en chauffage puisque la température du fluide est limitée vers le bas pour cause de condensation. En rafraîchissement, la densité de tube devrait être plus importante qu'en mode chauffage.

IS NAPPES CHAUFFANTES											BOUCLES				RAFRAÎCHISSEMENT				
Emissions de chaleur planchers											Eléments hydrauliques				Emissions de froid nappes				
tube	totalo	Ratio	Trurf	Haut (Eh)	Bar (Eb)	Appoints	Débit	Viscosité	Unitaire	Totalo	Delta T	Ratio	Trurf	Haut (Eh)	Bar (Eb)				
W/m.C	W	W/m2	°C	W	W	nécessaire	l/h	mPa	mbar	mbar	°C	W/m2	°C	W	W				
a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	Perte de charge			a12	a7	a8	a9	a10				
1,84	4135	66,0	24,7°C	3300	215		356	0,48	2,1	281	2,7°C	-16,3	21,4°C	-815	-44				
1,84	2375	44,0	22,8°C	2200	175		204	0,28	0,8	62	2,7°C	-11,0	22,2°C	-550	-30				
1,84	4705	77,0	25,6°C	3850	234		405	0,55	2,6	400	2,7°C	-18,9	21,0°C	-947	-51				
1,53	3575	108,5	28,4°C	2713	369	587	307	0,27	0,6	87	2,8°C	-23,8	19,2°C	-744	-133				
1,87	1958	120,0	29,3°C	1260	66	2040	168	0,15	0,2	13	2,7°C	-23,3	19,3°C	-307	-17				
1,72	408	112,4	28,7°C	393	14	3567	35,1	0,07	0,1	2	2,7°C	-27,0	19,7°C	-95	-5				
1,72	3465	110,7	28,5°C	3293	172	667	298	0,62	4,4	525	2,7°C	-27,0	19,7°C	-803	-43				
1,74	4195	77,6	25,7°C	3960	235		361	0,76	6,2	877	2,7°C	-19,1	20,9°C	-973	-52				
1,72	369	118,8	28,2°C	357	13	3603	31,8	0,07	0,1	1	2,6°C	-27,4	19,6°C	-82	-4				
1,69	4051	133,1	28,5°C	3960	91		348	0,73	5,8	738	2,5°C	-29,1	19,3°C	-866	-47				
1,69	4103	133,1	27,5°C	3960	143		353	0,74	5,9	727	2,4°C	-28,4	19,5°C	-844	-45				
1,72	3465	112,4	28,7°C	3344	121	616	298	0,62	4,4	525	2,7°C	-27,0	19,7°C	-803	-43				
1,74	380	22,9	20,0°C	366	13		32,6	0,07	0,1	1	2,6°C	-5,3	23,2°C	-84	-5				
1,56	3402	1,0	20,1°C	102	3300	3198	293	0,39	1,5	195	2,7°C	-0,7	23,9°C	-70	-870				
1,55	2465	4,9	20,4°C	2200	265		212	0,44	2,4	259	3,0°C	-1,4	23,8°C	-629	-113				
2,00	1636	127,2	29,0°C	1526	109	674	141	0,29	1,2	58	2,7°C	-32,8	18,8°C	-393	-54				
	44688			36786	5536	14951	3843							-9006	-1555				
<b>Valeur de la boucle la plus défavorisée (500 mbar maxi si possible)</b>										877,14									
- Coefficients majoration de sécurité (assemblages mal réalisés, entartrage pré)										3%	43,86								
- Coudes, raccords, etc.										20%	175,43								
- Collecteur distributeur										10 kPa	100,00								
- Vanne de régulation																			
- Vannes isolement										7 kPa	70,00								
<b>Total PDC panneau chauffant &amp; Répartiteur</b>										1266,42									

Seulement, si le calcul en chauffage est fait à partir d'une température de départ la plus basse possible, la densité de tube sera probablement maximale dans les pièces ayant les charges calorifiques les plus importantes (les pièces humides n'étant pas prises en compte puisque le rafraîchissement de ces dernières est déconseillé pour cause de risque augmenté de la condensation) cette densité ne pourra pas être augmentée. Mise à part la température du fluide, il reste encore un paramètre sur lequel on peut agir afin d'augmenter l'écart moyen des températures.

Ce paramètre est le débit. Comme la puissance thermique n'est pas proportionnelle au débit, une augmentation de 50% de débit n'augmentera pas pour autant la capacité d'absorption du plancher mais il va malgré tout légèrement creuser l'écart moyen des températures.

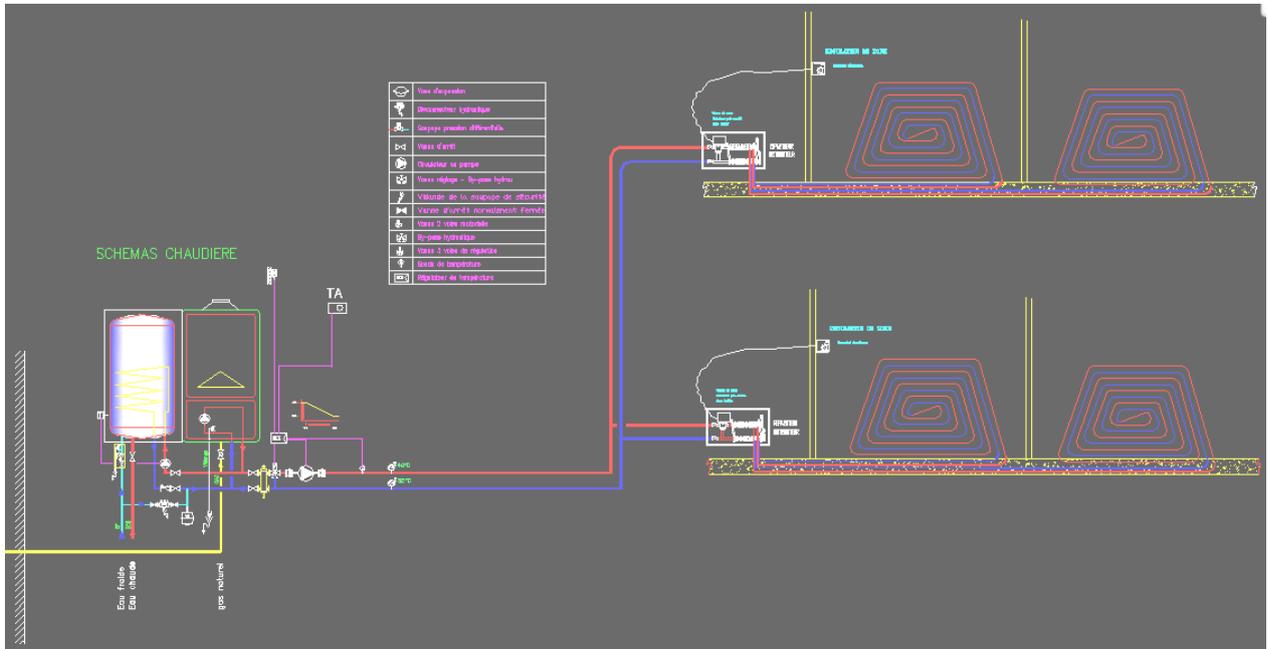
### Exemple de feuille de calcul

Toutes les cellules de calcul en bleu violet sont programmées.

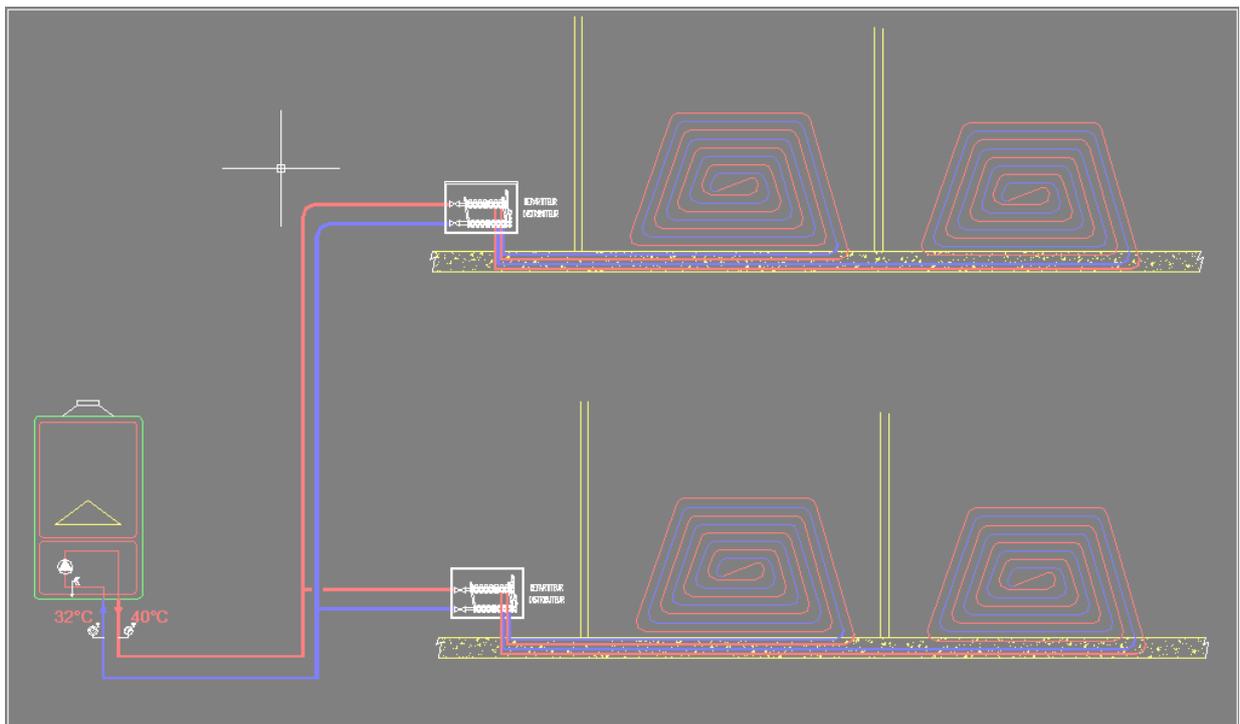


## 4 EXEMPLES DE SCHEMAS HYDRAULIQUES

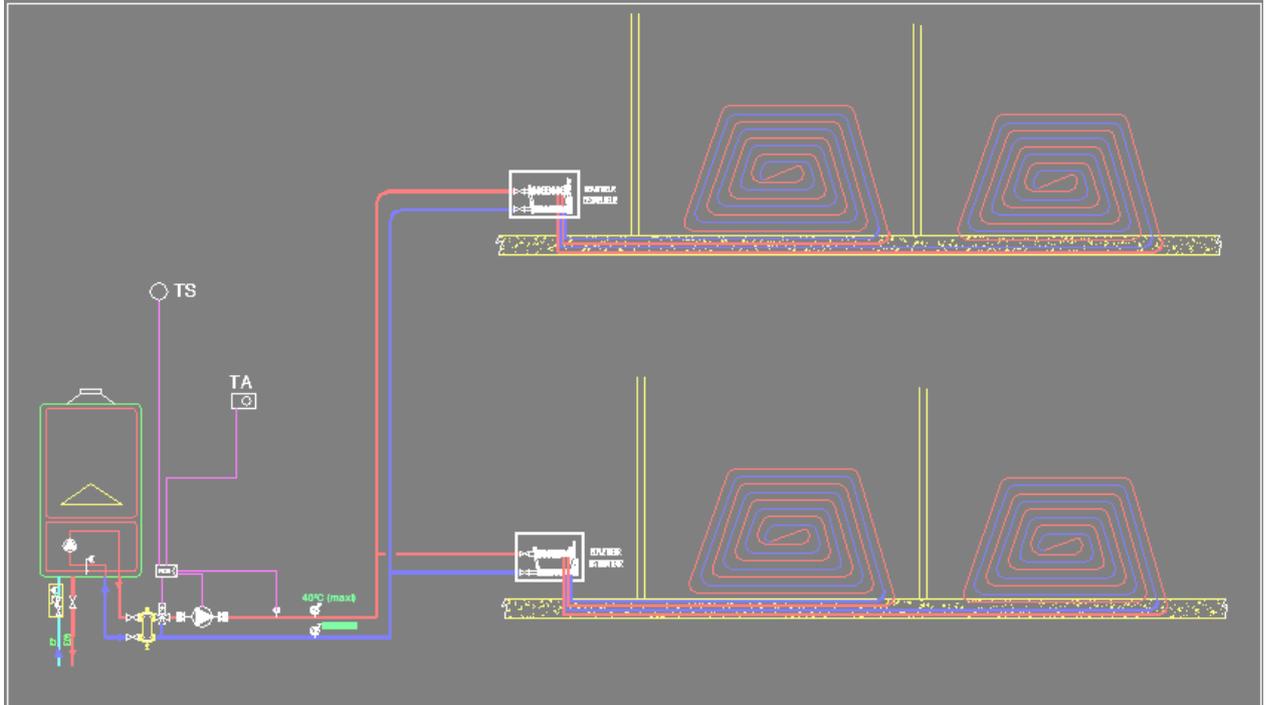
### Exemple d'un schéma d'un chauffage par le sol sur 2 niveaux associé à une chaudière murale avec ballon ECS + Kit hydraulique de régulation de température des planchers chauffants



### Exemple d'un schéma d'un chauffage par le sol sur 2 niveaux associé à une chaudière murale mixte (Régulation de température de planchers chauffants sur la chaudière)



**Exemple d'un schéma d'un chauffage par le sol sur 2 niveaux associé à une chaudière murale mixte + Kit hydraulique de régulation de température de planchers chauffants**



**Exemple d'un schéma avec chauffage par le sol + CTA à double flux + ECS concernant un centre sportif**

