

# INFLUENCE DES PARAMETRES GEOMETRIQUE SUR LE COMPORTEMENT THERMIQUE D'UN PLANCHER SOLAIRE DIRECT

R.KHARCHI <sup>1</sup>, N.AIT MESSAOUDENE <sup>2</sup>,  
M.BELHAMEL <sup>1</sup> & A.HAMID <sup>2</sup>

<sup>1</sup>: Centre de Développement des Energies Renouvelables  
B.P. 62, Route de l'observatoire, Bouzaréah, ALGER.

<sup>2</sup>: Institut de Mécanique, Université Saad Dahlab Blida.

## RESUME

Notre travail consiste à étudier l'impact des variations de certains paramètres géométriques sur le transfert de chaleur dans la dalle d'un plancher solaire direct, ce système a été réalisé au Centre de Développement des Energies Renouvelables.

Les principaux paramètres qu'on a variés sont :

- L'épaisseur de la dalle,
- La position de la grille de chauffe par rapport à la surface,
- L'écart entre les tubes de la grille (le pas),

Les résultats obtenus montre l'importance de ces paramètres sur le transfert de chaleur dans la dalle d'où le choix des valeurs correspondant à la température désirée.

**Mots Clés :** plancher solaire direct, capteur solaire plan, le transfert de calories, stockage d'énergie.

## NOMENCLATURE

**a**: la diffusivité thermique ( $m^2/s$ )  
**l** : conductivité thermique ( $W / m \text{ } ^\circ C$ )  
 **$\rho$**  : masse volumique ( $kg/m^3$ )  
 **$c_p$**  : chaleur spécifique ( $KJ/Kg \text{ } ^\circ C$ )  
**m** : masse de la dalle ( $Kg$ )  
**V** : volume de la dalle ( $m^3$ )  
**hc** : coefficient de convection ( $W / m^2 \text{ } ^\circ C$ )  
**T** : température de la dalle ( $^\circ C$ )  
**X, Y** : coordonnées (m)  
**t**: temps(secondes)

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Principe Du Plancher Solaire Direct

Le fluide caloporteur chauffé par les capteurs solaires circule directement sans échangeur intermédiaire dans les dalles chauffantes. Celles-ci stockent la chaleur injectée de manière intermittente, selon l'ensoleillement et la restituent de manière beaucoup plus régulière et lissée.

Le chauffage du plancher se fait à basse température ( $27^{\circ}\text{C}$  maximum) [3], ce type de chauffage est celui qui répond le mieux aux besoins physiologiques du corps humain ;

- L'émission uniforme de la température évite la création de zones froides ou chaudes,
- L'air n'est pas desséché,
- L'excellente répartition de la chaleur permet d'abaisser la température des pièces de  $2^{\circ}\text{C}$  par rapport à d'autres modes de chauffage pour une sensation de confort supérieure.

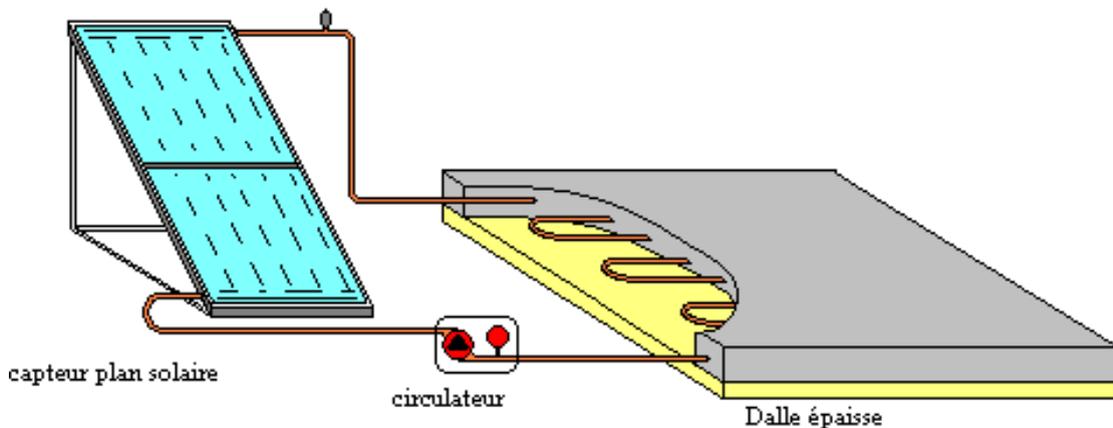


Figure 1. Circuit capteur plan - plancher

## 2. FORMULATION MATHÉMATIQUE

### 2.1. Les hypothèses simplificatrices

Pour simplifier notre problème, nous avons posé certaines hypothèses :

- Nous considérons les variations de température, en bidimensionnel, (voir figure .2.), l'expérience a montré qu'après une semaine de chauffage, nous avons une uniformité de la température suivant  $z$ .

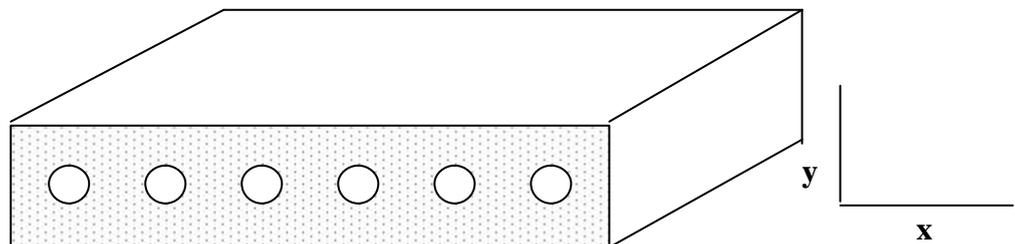


Figure .2. Schéma montrant les directions du transfert de chaleur dans la dalle

- La température du béton au niveau du contact avec le fluide est considérée comme une donnée,
- A la surface de la dalle, nous avons une convection naturelle avec l'air ambiant.
- La dalle est isolée thermiquement aux parties inférieures et latérales (parois adiabatiques).
- Les propriétés thermophysiques du béton sont considérées constantes [6].

## 2.2. Mises en équation

Notre système est régi par l'équation de conservation de l'énergie, nous limiterons notre étude à la phase béton constituant la dalle. De ce fait, la distribution de température est donnée par l'équation de la conduction en régime transitoire. Nous considérons la relation qui décrit l'échange de chaleur entre l'eau circulant dans les tubes et la dalle [4] :

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) \dots \quad (1)$$

Où alors:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right) \right] \dots \quad (2)$$

## 2.3. Les conditions initiales et aux limites

Les conditions aux limites ont été imposées sur la base des résultats expérimentaux [2].

### 2.3.1. Les conditions initiales

Les conditions initiales correspondent au temps  $t_0 = 0$ , où l'on considère la température de la dalle égale à  $T_0$ .

### 2.3.2. Les conditions aux limites :

La dalle est isolée thermiquement sur les parties latérales et inférieures, ce qui nous permet d'écrire :

- $\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad y = 0, \quad 0 \leq x \leq L$
- $\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad x = 0, \quad 0 \leq y \leq 1$
- $\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad x = L, \quad 0 \leq y \leq 1$

A la surface de la dalle, on a un transfert de chaleur par Convection Naturelle.

- $l \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{y=l} = h_c (T_{surf} - T_\infty)$

La température au niveau du contact de la dalle avec les tubes est imposée :

$$T(x_i, y_j) = T_{W_i} \dots \dots$$

## 2.4. Méthode de résolution

Pour la résolution des équations différentielles obtenues, nous avons utilisé le schéma explicite des différences finies en tenant compte des critères de stabilité[5], le programme a été développé en Fortran et les résultats obtenus ont été confrontés à des mesures[1].

### 3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Nous avons étudié l'influence de différents paramètres sur le transfert de chaleur dans la dalle, pour cela nous avons représenté la température à la surface de la dalle.

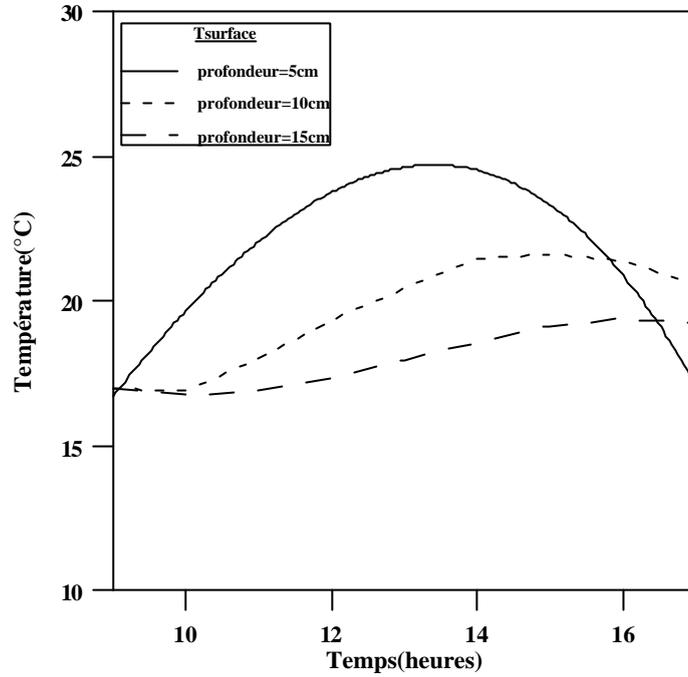


Figure 3. Variation de la température de la dalle pour différentes profondeurs de la grille de chauffe

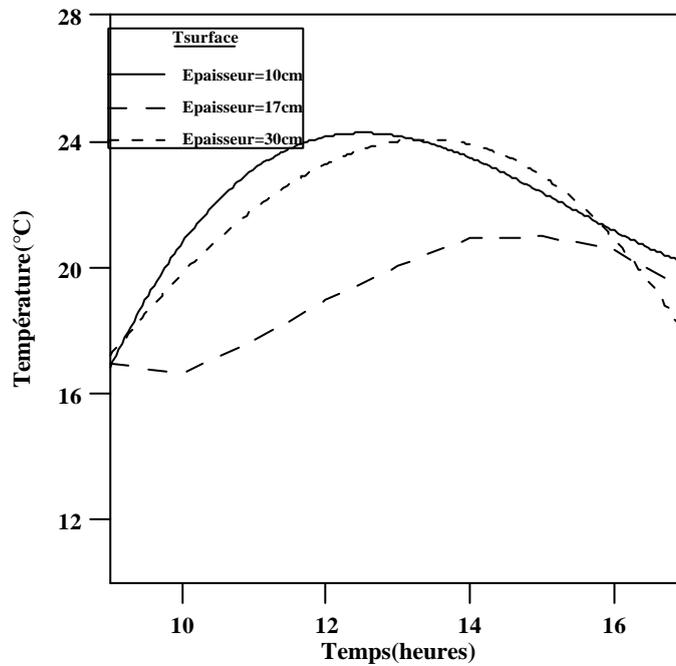


Figure 4. Variation de la température de la dalle pour différentes épaisseurs de la dalle

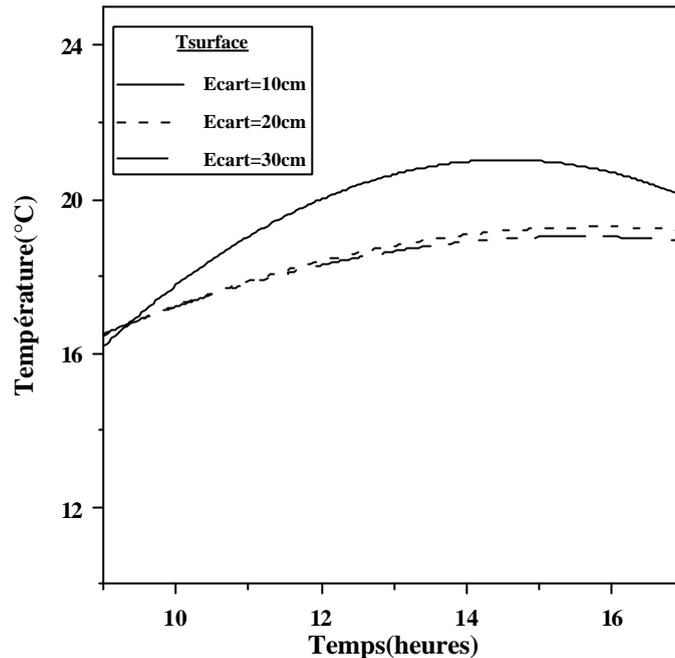


Figure 5. Variation de la température de la dalle pour différents écarts entre les tubes

### 1. Influence de la profondeur de la grille de chauffe

En gardant les mêmes propriétés thermophysiques, nous avons varié la position de la grille de chauffe par rapport à la surface (à savoir 5 cm, 10 cm et 15 cm) et nous avons étudié son influence sur le transfert de chaleur dans la dalle.

Pour une profondeur de 5 cm l'inertie est plus faible, la dalle réagit plus rapidement que pour une profondeur plus grande, ce qui est un inconvénient dans le fait qu'elle refroidit aussi vite qu'elle se chauffe. La meilleure évolution de la température est celle qui correspond à une profondeur de 10 cm, ce qui est le cas de notre banc d'essai.

### 2. Influence de l'épaisseur de la dalle

Nous avons également varié l'épaisseur de la dalle, en gardant les mêmes autres propriétés, c'est à dire une profondeur de la grille de 10 cm, le diamètre des tubes 16/18 mm et l'écart entre les tubes de 20 cm. En observant les courbes de température pour différentes épaisseurs, on remarque que plus la dalle est épaisse plus la température augmente, sauf dans le cas d'une épaisseur de 10 cm qui est plus importante que celle correspondant à une épaisseur de 17 cm, vu la position de la grille par rapport à la surface qui est la même pour les trois cas (10 cm), toute la chaleur est transmise vers la surface dans le cas de l'épaisseur de 10 cm, par contre pour celle de 17 cm une partie part vers le bas.

### 3. Influence de l'écart entre les tubes

Nous avons varié l'écart entre les tubes de la grille en gardant le même diamètre de 16/18 mm, la même épaisseur de la dalle de 17 cm et la même profondeur de la grille de 17 cm. Les courbes de température pour différents écarts entre les tubes ont la même allure, sauf que plus les tubes sont rapprochés plus le transfert de chaleur est important.

## 4. CONCLUSION

Le but recherché dans tous les systèmes solaires est celui de stocker le maximum d'énergie puis de la restituer en temps voulu. La dalle constitue une masse de stockage et surface d'échange intéressante, elle stocke la chaleur reçue de façon intermittente (selon l'ensoleillement) et la diffuse d'une façon régulière.

Nous avons examiné l'influence de certains paramètres thermo - physiques et géométriques sur le transfert de chaleur dans notre système. Les résultats ont montré que plus les tubes sont rapprochés plus grand est le transfert de chaleur. En variant l'épaisseur de la dalle, on constate que plus la dalle est épaisse plus la température est élevée, la dalle stocke mieux la chaleur. Ainsi que pour la profondeur de la grille de chauffe, la dalle réagit plus rapidement pour une faible profondeur.

## REFERENCES

- [1] **R. KHARCHI**, " Etude Expérimentale du comportement Thermique d'un Plancher Solaire Direct", mémoire de magister, Université Saad Dahlab, Blida (2002).
- [2] **R. KHARCHI, N. AIT MESSAOUDENE, M. BELHAMEL & A. HAMID**, " Etude Expérimentale des Performances Thermique d'un Plancher Solaire Direct", SIPE5 (Séminaire International sur la Physique Energétique), Béchar 2000.
- [3] **D.ROUX, D.MANDINEAU et M.CHATEAUMINOIS**, "*Calcul des Planchers Solaires Directs*" édition EDISUD (1983).
- [4] **F.KREITH**, "Principles of Heat Transfer", International Textbook Company Scranton, Pennsylvania (USA).
- [5] **M. BOUMAHMAT, A. GOURDIN**, "Méthodes Numériques Appliquées", Edition OPU.
- [6] **Erik JOHANSSON**, " Thermal properties of building materials", LCHS, Architecture, Energy & Environment.