



# Effet de la Distance Entre Concentrateurs Solaires sur la Surface de Champ d'une Centrale Solaire Thermodynamique

Amor GAMA<sup>1</sup>, Chérif LARBES<sup>2</sup>, Ali MALEK<sup>3</sup>, Fatiha YETTOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables  
Bp :88 Gart Taam Bounoura, Ghardaïa, Algérie

<sup>1</sup>gama\_amor@uraer.dz

<sup>2</sup>Ecole National Polytechnique

Avenue Hassan Badi El Harrache Alger, Algérie.

<sup>3</sup>Centre de Développement des Energies Renouvelables

Bp : 62 Route de L'observatoire Bouzeriah, Alger, Algérie.

**Résumé**— Dans les centrales solaires thermodynamiques la surface occupée par les concentrateurs est très importante, ce qui augmente les frais d'investissement et rend la maintenance et le nettoyage des concentrateurs très coûteux. Le but de ce travail est d'optimiser la surface d'une centrale solaire en étudiant l'effet de la distance entre les concentrateurs cylindro-paraboliques.

A fin de simplifier les calculs nous avons supposé que la centrale est composée de deux concentrateurs, un modèle est écrit sous SIMULINK MATLAB pour la simulation optique du système. Les résultats ont été très intéressants, nous avons pu trouver un modèle adéquat pour le calcul de la distance optimale entre les rangés des concentrateurs solaires, ce qui optimise la surface de champs des capteurs dans une centrale solaire thermique.

**Mots clés**— Concentrateur cylindro-parabolique, surface d'une centrale solaire, ombre sur les concentrateurs.

## I. INTRODUCTION

Les centrales solaires thermiques s'installent sur des surfaces importantes, ce que augmentent les frais de l'investissement et de préparation de terrain et par la suite les frais de nettoyage et la maintenance du champ, les travaux de recherche actuels ce focalisent sur l'optimisation de ces centrales. L'optimisation de la surface d'installation des capteurs peut revenir avec des gains très intéressants qui peuvent encourager l'investissement dans ce type de centrale.

Pour pouvoir optimiser la surface d'installation d'une centrale, nous avons essayé d'optimiser la distance entre deux rangées de capteur cylindro-parabolique on minimisant l'ombre créer par les capteurs entre eux, après une étude mathématique (trigonométrie) nous avons simulé l'ombre dans deux rangées de concentrateurs utilisant SIMULINK où nous avons réalisé un bloc pour simulé le rayonnement solaire lié à un bloc pour la simulation de l'ombre dans un concentrateur, nous avons simulé l'ombre pour plusieurs distances entre les rangés des concentrateurs pour la journée la

plus courte et la plus long de l'année afin de déduire la distance optimale qu'il faut garder entre deux rangées de concentrateurs cylindro paraboliques.

## II. EFFET DE L'OMBRE DANS UNE CENTRALE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Le champ d'une centrale thermodynamique est composé de plusieurs concentrateurs cylindro paraboliques situés les uns à côté de l'autre pour former une longue ligne, et plusieurs lignes en parallèles forment une centrale solaire. Une telle disposition les concentrateurs forme de l'ombre entre eux durant la journée [1] (voir Figure.1), La question qui se pose : est ce que on peut éviter ces pertes et est-ce que on pourra déduire la longueur optimale entre les lignes pour minimiser l'ombre durant toutes l'année.

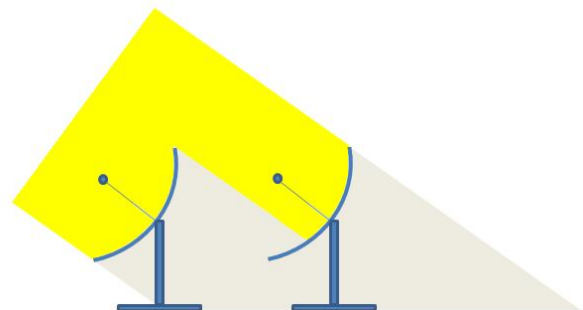


Fig. 1 Présentation de l'ombre créé entre deux concentrateurs cylindro paraboliques.

Pour faciliter la tâche nous avons simulé deux concentrateurs situés l'un devant l'autre, et pour connaître l'influence du premier concentrateur sur le deuxième et vice versa, nous avons réalisé une simulation pour le plus court jour et le plus long durant l'année.

### A. Modélisation Mathématique

Basant sur le modèle mathématique de calcul de rayonnement solaire r-sun [2], nous avons réalisé un modèle sous SIMULINK MATLAB où on calcule les coordonnées du soleil (hauteur de soleil, azimut) ainsi que le rayonnement incident sur un plan avec poursuite solaire à un seul axe de rotation orienté Nord Sud [3] dans un but de calculer l'ombre engendré entre les capteurs (concentrateurs).

Projetons la position du soleil sur un plan vertical sa normal orienté vers le sud, afin de déduire l'angle de rotation du concentrateur, pour cela nous avons utilisé les coordonnées sphériques de la position du soleil (voir figure .2). Soit  $\rho$  la distance entre le concentrateur et le soleil nous avons les coordonnées  $(x,y,z)$  données par l'équation (1).

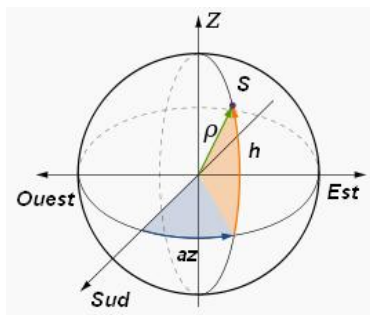


Fig. 2 Coordonnées sphériques du soleil.

$$\begin{aligned} x &= \rho \cdot \cos(az) \cdot \cos(h) \\ y &= \rho \cdot \sin(az) \cdot \cos(h) \\ z &= \rho \cdot \sin(h) \end{aligned} \quad (1)$$

Soit deux concentrateurs l'un derrière l'autre et soit ' $L_0$ ' la distance entre eux, soit ' $\alpha$ ' l'angle d'inclinaison assurée par le système de poursuite solaire et ' $w$ ' la largeur du concentrateur (voir Figure 3). Utilisant les équations trigonométriques nous avons déduit l'équation de calcul de la partie couverte par le premier concentrateur sur le deuxième ( $L_c$ ).

$$\sin(\alpha) = \frac{w}{L_{om}} \Rightarrow L_{om} = \frac{w}{\sin(\alpha)} \quad (2)$$

Et

$$L_i = L_{om} - L_0 \quad (3)$$

Mais

$$\sin(\alpha) = \frac{L_c}{L_i} \Rightarrow L_c = L_i \cdot \sin(\alpha) \quad (4)$$

$$L_c = w - L_0 \cdot \sin(\alpha) \quad (5)$$

Selon l'équation (5) la distance de l'ombre sur le concentrateur à une relation avec la distance entre les concentrateurs.

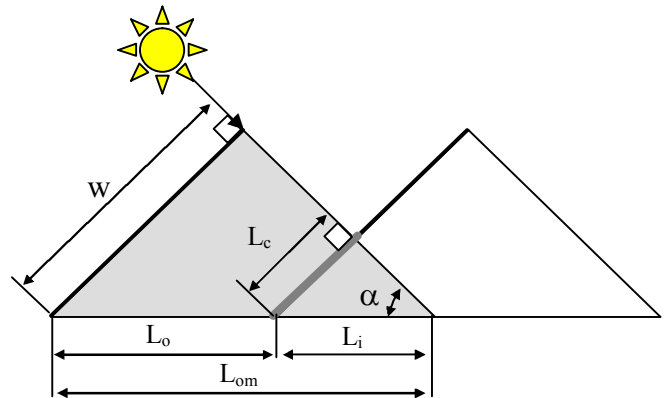


Fig. 3 Disposition de deux concentrateurs par rapport au soleil.

### III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

En insérant les coordonnées de la ville de Ghardaïa dans le programme réalisé, nous avons simulé l'ombre sur les deux concentrateurs, en premier cas nous avons fixé la distance entre les concentrateurs à 6m pour la journée la plus courte de l'année (21 décembre).

On constate qu'au lever du soleil, le deuxième concentrateur est complètement couvert après quelques minutes l'ombre commence à se dissimuler en trois heures, les deux concentrateurs seront complètement exposés au soleil c.-à-d l'ombre est égale à zéro (figure 4), mais après une heure le deuxième concentrateur occulte le premier de la même façon que le premier concentrateur.

On peut dire ici que la distance 6m est vraiment insuffisante pour que les concentrateurs captent le maximum de rayonnement solaire durant une journée (figure 5), les pertes sont très importantes.

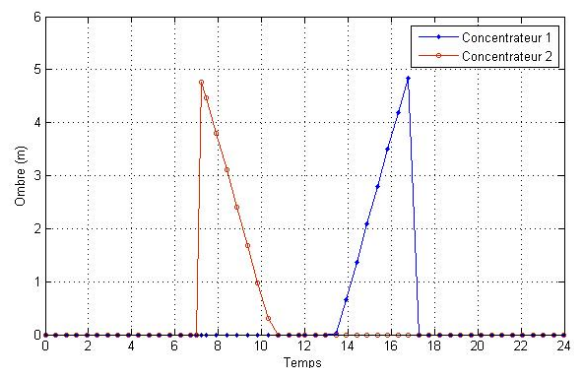


Fig. 4 La distance de l'ombre sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Décembre (distance entre les deux concentrateurs=6m).



# Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie les 15, 16 et 17 Octobre 2012

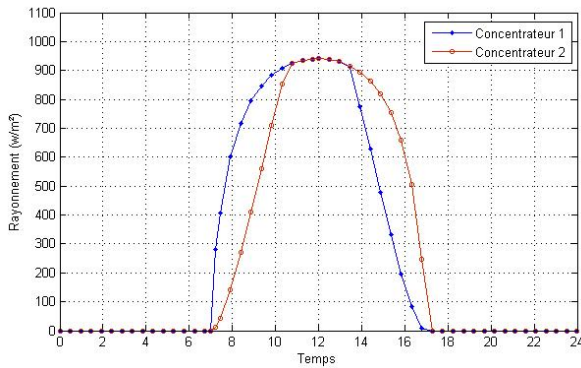


Fig. 5 Le rayonnement solaire incident sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Décembre (distance entre les deux concentrateurs=6m).

Pour le deuxième cas, même distance entre les concentrateurs (6m) mais cette fois pour la journée la plus longue 21 Juin.

On constate que la durée du jour est plus longue que le cas précédent, au lever du soleil le deuxième concentrateur est complètement occulté, mais dans quelques minutes l'ombre diminue durant 4.5 heures, l'ombre est égale à zéro pendant 4 heures et la même chose pour l'après midi concernant le premier concentrateur (figure 6).

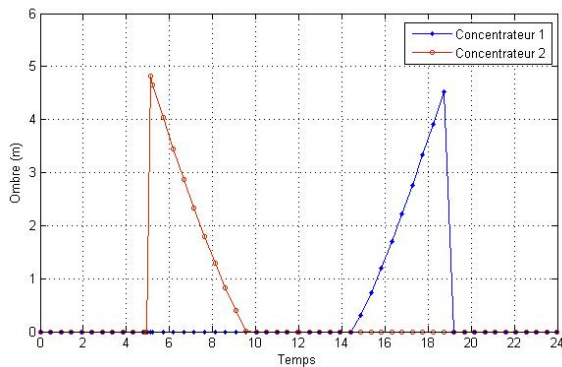


Fig. 6 La distance de l'ombre sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Juin (distance entre les deux concentrateurs=6m).

La distance proposé (6m) est insuffisante, maintenant nous allons augmenté la distance à 14 m et refaire la simulation pour la plus courte et la plus longue journée de l'année, dans ce cas on constate que la durée de l'ombre est faible par rapport au premier cas c-à-d qu'on capte le maximum du rayonnement (voir figure 8), pour la journée la plus longue l'ombre est très faible (figure 10) et l'énergie solaire capté est importante (figure 11). Nous avons essayé d'augmenter la distance nous avons constaté que à partir de 14m on gagne pas beaucoup, et on peut dire ici que la distance optimale pour notre centrale à Ghardaia est 14 m ce que rend la surface du champ solaire optimale (voir figure 12).

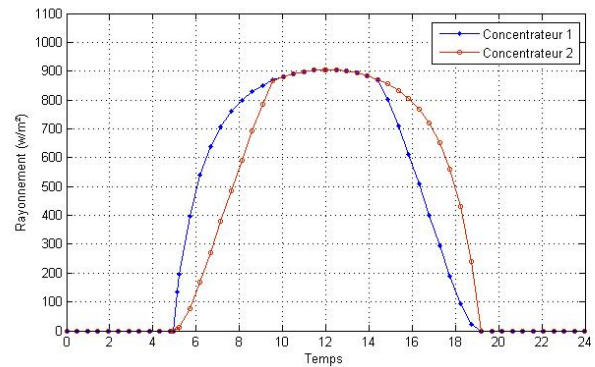


Fig. 7 Le rayonnement solaire incident sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Juin (distance entre les deux concentrateurs=6m).

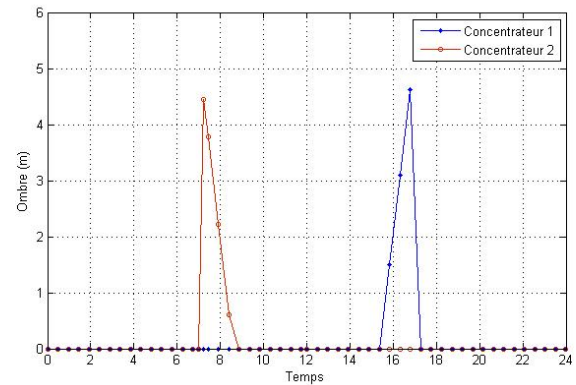


Fig. 8 La distance de l'ombre sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Décembre (distance entre les deux concentrateurs=14m).

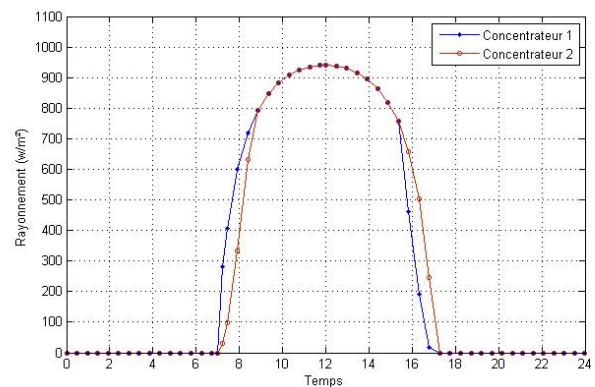


Fig. 9 Le rayonnement solaire incident sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Décembre (distance entre les deux concentrateurs=14m).

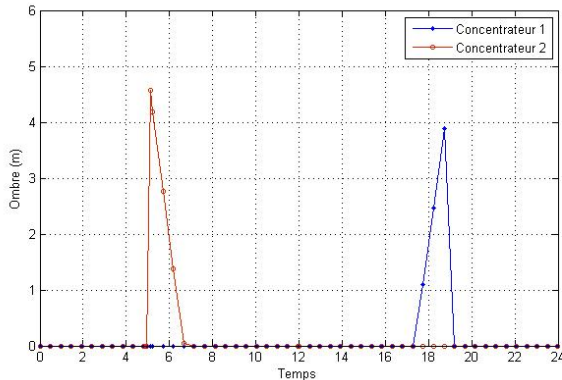


Fig. 10 La distance de l'ombre sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Juin (distance entre les deux concentrateurs=14m).

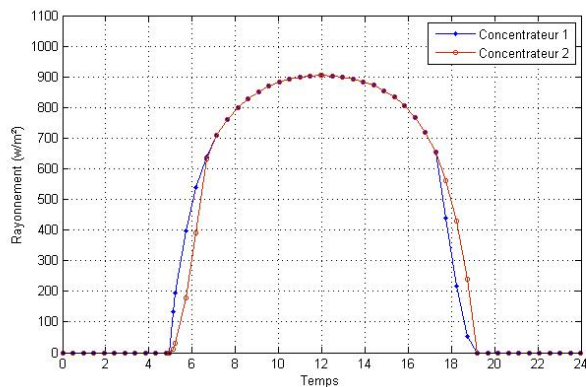


Fig. 11 Le rayonnement solaire incident sur les deux concentrateurs pendant la journée du 21 Juin (distance entre les deux concentrateurs=14m).

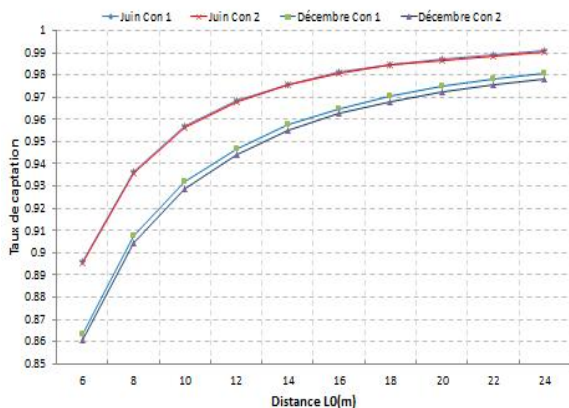


Fig. 12 Taux de captation des deux concentrateurs pour la journée la plus longue et la plus courte.

#### IV. CONCLUSION

L'inconvénient principal des centrales solaires thermiques est la surface du champ solaire qui est très important, qui engendre des retombés négatifs sur l'investissement au début et des difficultés de suivi et maintenance après. Dans ce travail nous avons essayé d'optimiser la surface du champ en étudiant l'ombre sur les concentrateurs, l'étude a commencé par le choix du site qui est Ghardaïa (sud de l'Algérie) ainsi que le choix des dimensions du concentrateur, un programme sous SIMILINK MATLAB à été réalisé pour le calcul de l'ombre et le rayonnement capté par la surface d'ouverture du concentrateurs, pour plusieurs distances entre les concentrateurs nous avons calculé l'ombre ainsi que le rayonnement.

L'étude nous a aidé à déduire la distance optimale entre les concentrateurs qui a été validée avec des cas réel dans le monde [1] sachant que l'optimisation dans la distance entre les concentrateurs est l'optimisation en surface du champ solaire de la centrale solaire thermique.

#### REFERENCES

- [1] Thorsten A. Stuetzle, Automatic Control of the 30 MWe SEGS VI Parabolic Trough Plant, thesis at the University of Wisconsin-Madison, 2002.
- [2] Jaroslav Hofierka, Marcel .Súri, The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications, Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002 - Trento, Italy, 11-13 September 2002.
- [3] M.M. Abu-Khader et al. Evaluating multi-axes sun-tracking system at different modes of operation in Jordan, Renewable and Sustainable Energy Reviews 12 (2008) 864-873 865.