



Etude et simulation de la poursuite solaire à deux axes dans les systèmes à concentration

Toufik ARRIF¹, Abdelfateh BELAID¹, Amor GAMA¹

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

arif_toufik@uraer.dz

Abstract— L'objectif de ce travail est de montrer l'intérêt énergétique de la poursuite solaire à deux axes dans les systèmes à concentrations par rapport aux systèmes ayant une structure fixe. En se basant sur le modèle mathématique de Kasten pour le calcul de la composante du rayonnement direct et le modèle Capderou pour le calcul du facteur de trouble de Linke, nous avons écrit un programme en FORTRAN qui calcul l'énergie reçue durant une année par un capteur à concentration d'une inclinaison et orientation quelconque. Les résultats sont présentés sous forme de comparaison entre un capteur fixe et un capteur muni d'un système de poursuite à deux axes. Ces résultats ont été très favorables en termes d'utilisation des systèmes de poursuite solaire dans les systèmes à concentrations.

Keywords— Poursuite solaire, Rayonnement solaire, Concentrateur.

I. INTRODUCTION

L'énergie solaire offre un alternatif non polluant et durable pour l'humanité. L'exploitation de ce genre d'énergie varie selon les besoins et les techniques connus, la variation de la position du soleil durant la journée et durant l'année engendre des pertes importantes pour un système de plan fixe, L'optimisation de ces systèmes par poursuite de la trajectoire du soleil est une technique qui permet de mieux exploiter cette énergie renouvelable. En effet, beaucoup de travaux centrent leur intérêt sur la poursuite du soleil afin de maximiser l'ensoleillement en gardant la surface active du capteur solaire perpendiculaire aux radiations solaires.

Les systèmes de poursuite dans les concentrateurs solaire est indispensable, le gain de ces système dans les régions arides tel notre région Ghardaïa est très intéressant à le connaître c'est l'objectif de notre travail, ou nous allons utiliser un modèle mathématique pour le calcul de rayonnement sur un plan quelconque afin de déterminer l'énergie captée par un capteur fixe et un autre mobile (avec poursuite solaire), un programme en FORTRAN a été écrit pour répondre à tous nos requêtes et configurations.

II. MODELISATION MATHÉMATIQUE

A. Calcul de l'éclairement sur un plan quelconque

A un instant quelconque de la journée, l'éclairement du au rayonnement global reçu sur un plan d'inclinaison et d'orientation quelconques, est la somme des trois composantes du rayonnement solaire incidente sur le même

plan à savoir la composante directe, diffuse et réfléchi par le sol, dans notre cas c'est la composante directe qui nous intéresse.

Le modèle de Kasten [4] a été utilisé pour calculer l'éclairement direct, sauf pour le facteur de Link nous avons utilisé celui proposé par Capderou [2]. La relation du rayonnement global est la suivante:

$$G(\beta, \gamma) = S(\beta, \gamma) + D(\beta, \gamma) + R(\beta, \gamma) \quad (1)$$

Les paramètres sont respectivement les éclairements dûs au rayonnement global, direct, diffus et réfléchi par le sol, incidents sur le plan considéré [3].

Dans notre cas c'est la composante directe qui nous intéresse [6].

1) Eclairement dû au rayonnement direct

L'éclairement dû au rayonnement direct sur un plan d'inclinaison et d'orientation quelconques est calculé par la relation suivante [4] :

$$S = I^* (\sin(\beta) * \cos(h) * \cos(\gamma_s - \gamma) + \cos(\beta) * \sin(h)) \quad (2)$$

2) Estimation de l'éclairement direct normal I

Pour estimer l'éclairement solaire I, la formule de Kasten [4] a été utilisée dans le cadre de ce travail car cette dernière tient compte du trouble atmosphérique T_L et la masse d'air atmosphérique M_a .

$$I = I_0 * \exp(-M_a * T_L / (0.9 * M_a + 9.4)) \quad (3)$$

Avec

$$I_0 = \bar{I}_0 * (1 - (\sin(\delta) / 11.7)) \quad (4)$$

$$\bar{I}_0 = 1353 \text{ W/M}^2 \quad : \text{ Constante solaire}$$

La masse d'air atmosphérique est exprimée par la formule:

$$M_a = \frac{(1 - 0.1 * Z)}{\sin(h) + 0.15 * ((h + 3.885)^{-1.253})} \quad (5)$$



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

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



Z: Etant l'altitude du lieu (Km).

B. Inclinaison Optimale

Pour pouvoir récupérer le maximum d'énergie au cours de l'année pour une inclinaison fixe, plusieurs scientifiques ont proposé des méthodologies qui permettent d'optimiser la valeur de l'inclinaison des capteurs qui conduit à récupérer le maximum d'énergie. Le modèle que nous avons retenue est le suivant :

- Angle optimum annuel

Dans notre travail on a retenu l'angle optimal d'inclinaison annuel choisis par Duffie & Beckmann [6] qui a proposé une inclinaison égale à la latitude φ du lieu.

Angle optimum saisonnier

Plusieurs études ont été effectuées dans le sens de déterminer l'inclinaison optimale saisonnière, hivernale là où la déclinaison du soleil est négative, et estivale qui correspond à des valeurs positives de cette déclinaison. Ce qui correspond respectivement aux deux périodes de l'année où la hauteur du soleil est basse ou élevée [3].

On a retenue celle de Yellot [7] qui a proposé deux inclinaisons différentes et correspondantes aux deux saisons, hivernale et estivale $\beta_{opt} = (\varphi \pm 10^\circ)$.

C. Système de Poursuite à Deux Axes

Afin de distinguer d'une part l'apport du choix d'un angle optimal, nous avons choisi un système de poursuite solaire à deux axes sur lequel est monté un concentrateur d'1m² de surface d'ouverture. Ceci est par le fait que le système de poursuite à deux axes permet au concentrateur d'être instantanément perpendiculaire au rayonnement solaire et de capter le maximum d'éclairement solaire [3].

Pour cette configuration, l'angle d'incidence γ est égal à 0, son orientation est égal à l'azimut du soleil, son inclinaison β est égal à θ_z , avec γ_s et θ_z qui sont respectivement l'azimut et la distance zénithal du soleil.

III. PRESENTATION DES RESULTATS

A. Distribution Des Eclairéments Solaires Sur Différents plans (Journées Claires)

Les distributions des éclairéments calculées dus aux rayonnements, direct, diffus et global sur un plan incliné système fixe et système poursuite deux axes, la variation du rayonnement annuel pour différentes orientations du capteur pour un ciel moyen, sont présenté respectivement sur la figure 1 (1), (2), (3).

Tandis que la figure 2, présente respectivement les distributions des éclairéments directs calculés sur les divers plans inclinés, selon les angles optimums annuels et saisonniers, sur un plans horizontal, ainsi que celui reçu sur un plan muni du système de poursuite deux axes journée 20 juin.

Les mêmes présentations sont effectuées pour la journée du 21 décembre sur la figure 3.

La figure 4, présente la variation de l'éclairement incident Direct en fonction de l'inclinaison β , et les figures 5,6 présentent respectivement la variation de l'énergie captée pour divers inclinaisons, pour une journée hivernale et estivale.

Sur la table 1, sont présentées les valeurs des énergies journalières reçues pour une structure fixe suivant un angle optimal retenu: annuel, saisonnier, un système à deux axes, et l'énergie gagnée par rapport à ce dernier.

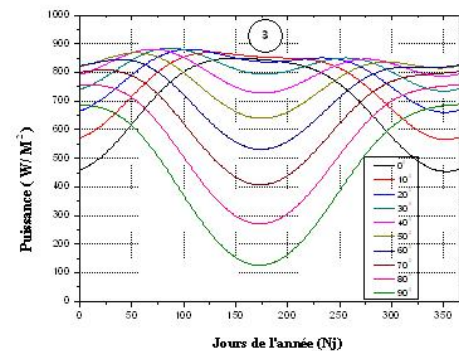
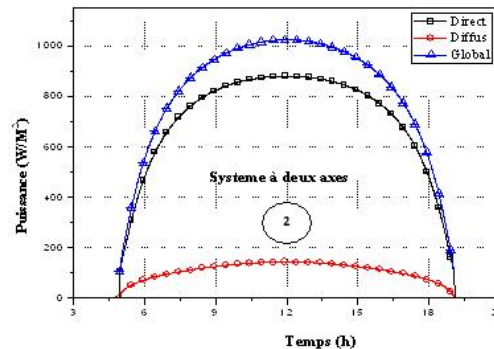
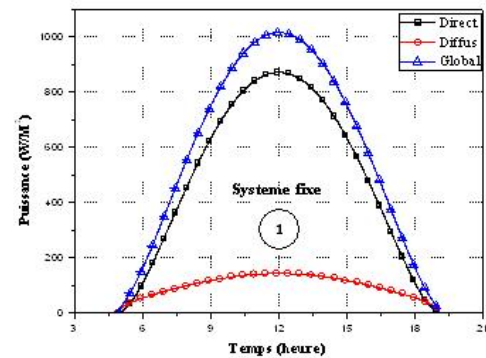


Fig. 1: Distribution des éclairéments incidents Direct, Diffus et Global sur un plan incliné (j. 20 juin) : Système fixe (1), Poursuite à deux axes (2), Intensité du rayonnement direct annuel relative au ciel clair en fonction de l'inclinaison du concentrateur (3).



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

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

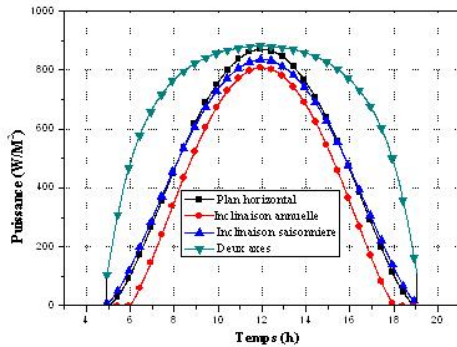


Fig. 2: Distribution des éclaircissements directs incidents sur divers inclinaisons du concentrateur (J. claire 20 Juin)-Ghardaïa.

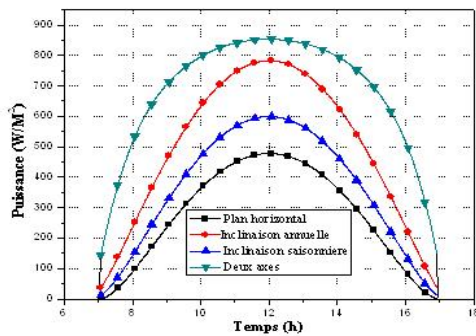


Fig. 3: Distribution des éclaircissements directs incidents sur divers inclinaisons du concentrateur (J. claire 21 Décembre)-Ghardaïa

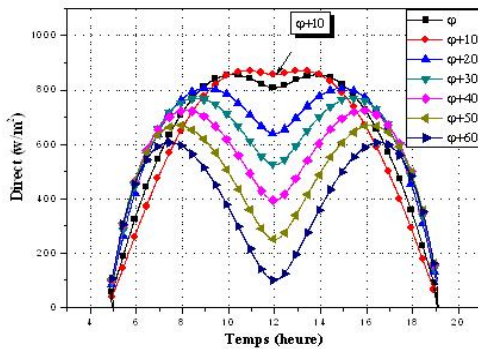


Fig. 4: Variation de l'éclaircissement incident Direct en fonction de l'inclinaison, (J. 20 Juin)-Ghardaïa

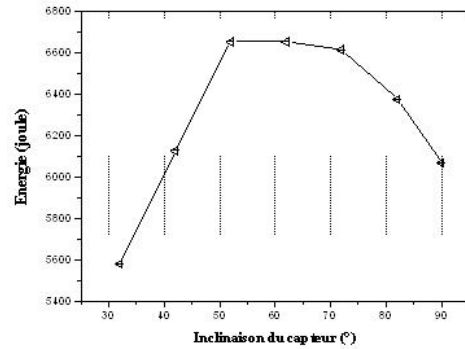


Fig.5: Variation de l'énergie captée pour divers inclinaisons, (J. claire 21 Décembre)-Ghardaïa

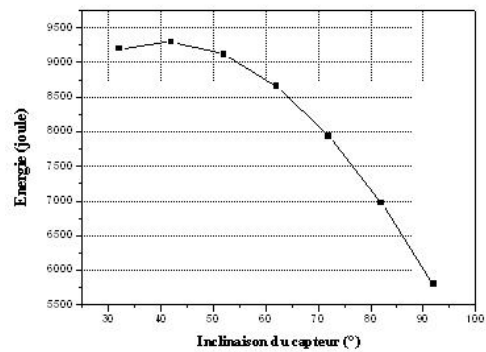


Fig. 6: Variation de l'énergie captée pour différentes inclinaisons, (J. 20 Juin)-Ghardaïa.

TABLE 1: VALEURS DES ENERGIES 'E' JOURNALIERES REÇUES SUR UN PLAN MUNI D'UN SYSTEME DE POURSUITE SOLAIRE A DEUX AXES ET CELLES REÇUES SUR UN PLAN FIXE (GHARDAÏA).

Périodes	21 Décembre	20 Mars	20 Juin	22 Septembre
Energies (joule)				
E_{2axes}	6747,614	8960,083	10061,91	8526,165
E_h ($\beta=0^\circ$) (Horizontal)	2751,388 Gain d'énergie avec poursuite 59%	5346,037 Gain d'énergie avec poursuite 40%	7015,401 Gain d'énergie avec poursuite 30%	5154,774 Gain d'énergie avec poursuite 39%
$E_{Annuelle}$ ($\beta_{opt} = \text{latitudo du lieu}$ 32°)	4971,56 Gain d'énergie avec poursuite 26%	6418,409 Gain d'énergie avec poursuite 28%	5767,789 Gain d'énergie avec poursuite 42%	6130,407 Gain d'énergie avec poursuite 28%
$E_{Saisonnier}$ $B_{opt} = \varphi \pm 10$	3609,723 Gain d'énergie avec poursuite 46%	4691,243 Gain d'énergie avec poursuite 47%	6966,182 Gain d'énergie avec poursuite 30%	5675,883 Gain d'énergie avec poursuite 33%



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

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



IV. DISCUSSION DES RESULTATS

La figure 1 (3) ainsi que les figures 4, 5 et 6 montrent que l'angle d'inclinaison (β) du concentrateur joue un rôle très important sur l'intensité du rayonnement solaire direct incident et de l'énergie captée. L'écart de rayonnement annuel et journalier devient important entre l'hiver et l'été dès que l'on augmente l'inclinaison (β).

Nous constatons que les journées appartenant à la période hivernale au voisinage de midi temps solaire vrai, l'éclairement solaire reçu sur les divers inclinaisons de concentrateur est supérieur que celui incident sur un concentrateur horizontal, (Fig. 3). Ceci s'explique par le fait que la hauteur du soleil est relativement faible durant cette période hivernale et qu'elle devient importante durant la période estivale. Ce qui conduit à ce que les concentrateurs (capteurs) inclinés et orientés vers le sud ont un angle d'incidence plus faible par rapport à celui d'un plan horizontal, ainsi l'éclairement dû au rayonnement direct est plus important.

Par contre, durant la période estivale, (Fig. 2), les valeurs de la hauteur du soleil sont importantes et atteignent leur valeur maximale au solstice d'été (le 20 Juin). Ainsi, l'éclairement solaire incident reçu sur le plan horizontal devient lui aussi considérable que celui qui est reçu sur les autres plans. Mais on peut dire que l'optimisation de l'angle d'inclinaison des concentrateurs ait été faite pour augmenter la quantité d'énergie reçue sur ces dispositifs, celle-ci reste faible devant celle reçue par le même concentrateur qui est muni d'un système de poursuite solaire à deux axes, il y a aussi l'importance de la quantité d'énergie incidente au voisinage du lever et du coucher du soleil qui vient s'ajouter en particulier durant la période estivale figure 1 (2).

IV. CONCLUSION

D'après les résultats obtenus, l'intérêt de l'utilisation d'un mécanisme de poursuite à deux axes permet selon la saison considéré, de gagné environ (Moyenne) 35 % d'énergie supplémentaire par rapport aux systèmes fixes, inclinés suivant un angle optimal et orienté plein sud. Ce qui nous permet également de récupérer en moyenne 42 % d'énergie supplémentaire par rapport à un plan horizontal, particulièrement en période hivernale. Donc l'introduction d'un mécanisme de poursuite n'est pas nécessaire pour toute

l'année, il est bénéfique pour une période et pénalisant pour une autre, une étude précise pour déterminer exactement le nombre de jours pour le quel ce mécanisme devient bénéfique est primordiale.

REFERENCES

- [1] R. Rezoug et A. Zaatri 'Optimisation du rendement d'un système photovoltaïque par poursuite du soleil' Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°2 (2009) 299 – 306
- [2] M.M. Capderou, "Atlas solaire de l'Algérie", Tome 2, OPU, 1986.
- [3] M. Koussa, A. Malek et M. Haddadi, Apport énergétique de la poursuite solaire sur deux axes par rapport aux systèmes fixes. Application aux capteurs plans, Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°4 (2007) 515 – 537
- [4] Kasten F., Czeplak G. (1980). - Solar and terrestrial radiation dependent on the amount and type of cloud. Solar Energy Vol.24, p. 177-189.
- [5] R.C. Temps and K.L. Coulson, 'Solar Radiation Incident upon Slopes of Different Orientations'. Solar Energy, Vol. 19, N°2, pp. 179 – 184, 1977
- [6] J.A Duffie and W.A. Beckmann, 'Solar Engineering of Thermal Process', Second Edition, New York, John Wiley, 1991.
- [7] H.J. Yellot, 'Utilization of Sun and Sky Radiation for Heating and Cooling of Building', Ashrea, N°19, 1973.