



**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



Estimation de l'angle optimal d'un système de poursuite à un seul axe dans la région de Ghardaïa

Belaid Abd Elfetah¹, Bezza Badreddine¹, Gama Amor¹

¹Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, B.P. 88, ZI, Gart. Taam,

Bounoura Ghardaïa

¹b_fetouh@yahoo.fr

²pedrosoft2002@Yahoo.fr

³gama_amor@yahoo.fr

Résumé—L'objectif de ce travail est l'augmentation du gain énergétique d'un concentrateur solaire. Pour cela, nous avons étudié l'influence de l'angle d'inclinaison d'un système de poursuite solaire à un seul axe orienté plein sud. Ensuite ; on a calculé les angles optimaux pour lesquels l'éclairement solaire reçu est maximal. Le modèle de Capdérrou a été choisi pour calculer l'éclairement solaire pour un état de ciel clair. Au cours d'une année, les angles optimums sont calculés par la méthode de recherche par la section d'or pour les cas où l'inclinaison sera changée deux fois, quatre fois et le cas d'un changement d'une fois par mois. Les résultats montrent que plus la fréquence du changement de l'inclinaison augmente, plus le gain énergétique doit être trouvé.

Mot Clés— poursuite solaire un seul axe, l'angle optimal, rayonnement, concentrateur.

I. INTRODUCTION

L'orientation des capteurs est un problème important dans l'utilisation des capteurs à rayonnement concentré. En effet, le principe même de la concentration suppose que le rayonnement parvienne à la surface réfléchissante dans une direction déterminée. Puisque la position apparente du soleil par rapport à un point de captation est constamment variable à l'échelle d'une journée, nous serons donc obligés de modifier constamment la position du capteur afin de suivre celle du soleil en utilisant un système de poursuite de l'est au ouest.

Des études théoriques montrent que la quantité d'énergie fournie par un capteur solaire en mode suiveur de soleil est de 30 % supérieure à celle qui est fixe orientée plein Sud et inclinée d'un angle égal à la latitude [1]. L'étude de la variation journalière de la position du soleil par rapport à un point fixe sur la terre est importante pour entamer l'étude de l'influence de l'angle d'inclinaison du capteur pour faire augmenter le rendement.

II. ETUDE DE L'ECLAIREMENT SOLAIRE SUR UN CAPTEUR

Pour des raisons d'étude géométrique, nous supposons que le soleil se déplace par rapport à un point fixe sur la surface de la terre. D'un point fixe sur la surface de la terre (altitude et longitude), le soleil entame une course d'Est en Ouest avec variation de sa hauteur par rapport à ce point. Sur ce point fixe de latitude φ , il y a un capteur plan installé dans une position caractérisée par les deux angles (α, γ) et par l'angle de

déclinaison du soleil dépendant du nombre du jour de l'année [1].

A. Positionnement Solaire

La position du soleil est souvent exprimée par deux angles (h, a) :

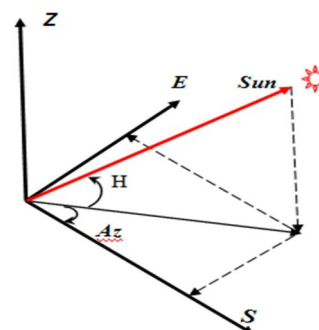
Hauteur du soleil (h) : c'est l'angle entre la direction du soleil et le Plan horizontal [2]. Il est particulièrement égal à :

$$\sin(h) = \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(\omega) + \sin(\varphi) \sin(\delta) \quad (1)$$

Azimut du soleil (a) : C'est l'angle compris entre la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal et la direction Sud [2].

$$\sin(a) = (\cos(\delta) \sin(\omega)) / \cos(h) \quad (2)$$

Fig. 1 Représentation de la hauteur et l'azimut du soleil.



$$\begin{pmatrix} \cos(h) \\ \sin(h) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\delta) \cos(\omega) \\ \sin(\delta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\varphi) \\ \sin(\varphi) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\sin(a) = \frac{\cos(\delta) \sin(\omega)}{\cos(h)} \quad (4)$$

$$\cos(a) = \frac{\cos(\delta) \cos(\omega) \sin(\varphi) - \sin(\delta) \cos(\varphi)}{\cos(h) \sin(\varphi)} \quad (5)$$

B. Positionnement d'un plan

Un plan quelconque est défini par deux angles (α, γ) : γ : hauteur du plan, c'est l'angle que fait la normale du plan et sa projection sur le plan horizontal [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



a : azimut du plan, c'est l'angle que fait la projection de la normale sur le plan horizontal et la direction du sud [3]. L'inclinaison β du plan par rapport au plan horizontal est donnée par:

$$\beta = 90 - \gamma \quad (6)$$

C. Angle d'incidence sur un plan

L'angle d'incidence i est l'angle entre la direction du soleil et la normale du plan. Cet angle est déterminé par la connaissance des cosinus directeurs du rayon incident et la normale en coordonnées horizontales :

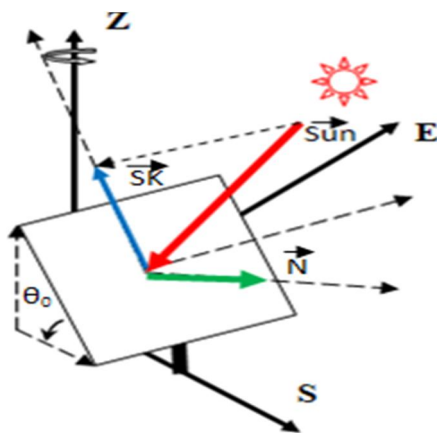
$$K = [0 \quad -\cos(\theta_0) \quad \sin(\theta_0)]$$

$$\begin{aligned} \cos(i) &= \frac{N \cdot S}{|N| |S|} \\ N &= S - SK \\ N_u &= |N| \end{aligned}$$

$$\cos(i) = N_u \cdot S$$

(7)

Fig. 2 Définissant l'angle d'incidence sur un plan



D. Estimation de l'éclairement solaire

Pour estimer l'éclairement solaire I , Le modèle de Capderou [4] a été utilisé dans le cadre de ce travail. La formule de Rayonnement direct par ciel clair reçue sur un plan incliné I_d est donnée par la relation suivant:

$$I_d = I_0 \sin(h) \exp(-k \cdot 0.9 + \frac{1}{\sin(h)}) \quad (8)$$

$$I_0 = 1367 \text{ w/m}^2 \quad (9)$$

$$I_0 = 1367 \text{ w/m}^2$$

* : Facteur de trouble atmosphérique

h : Hauteur du soleil

In : est le directe normal

i : l'angle d'incidence.

N : nombre de jours

: La correction terre soleil est donnée par:

$$= 1 + 0.034 \left(\frac{N}{365} - 2 \right) \quad (10)$$

III. RESULTATS

Les courbes des Fig. 3 à 14 présentent les résultats de simulation du l'éclairement solaire direct d'un concentrateur qui poursuit le soleil situé à Ghardaia pour différentes angles d'inclinaisons (entre 0 et 90° pour un pas de 10°).

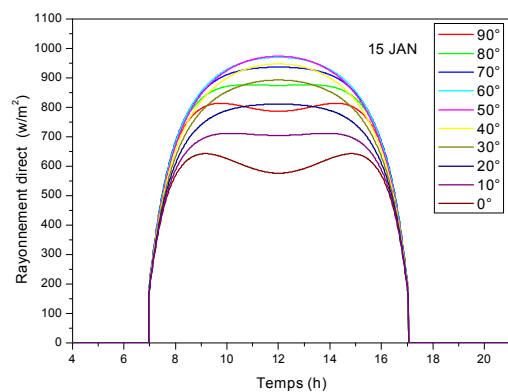


Fig. 3 Variation du rayonnement direct en fonction de différentes angles d'inclinaisons (en 15 janvier)

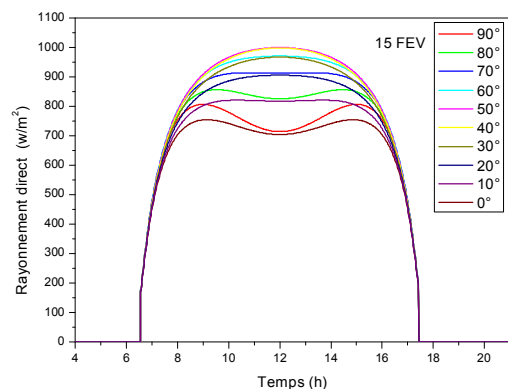


Fig. 4 Variation du rayonnement direct en fonction de différentes angles d'inclinaisons (en 15 février)

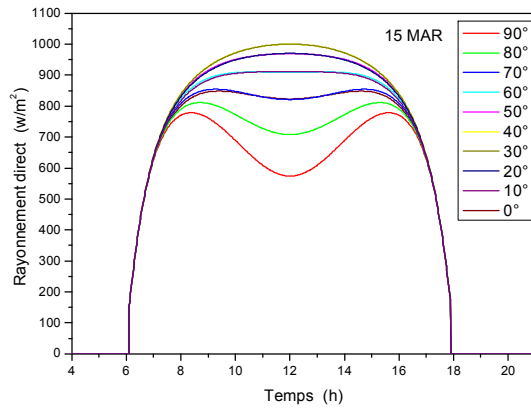


Fig. 5 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 mars)

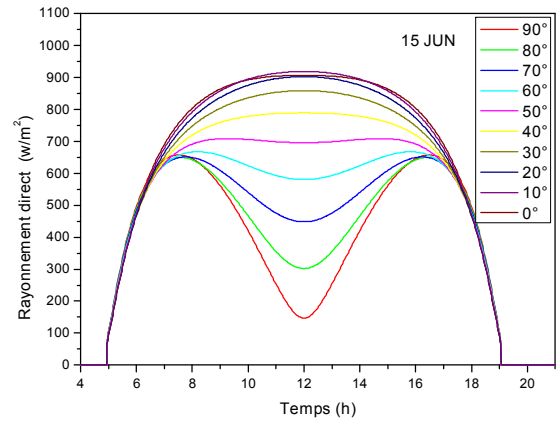


Fig. 8 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 juin)

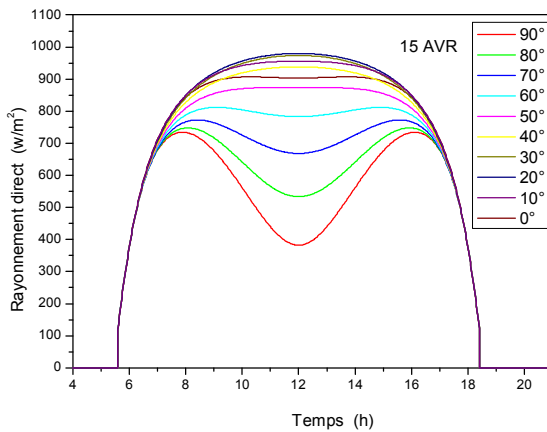


Fig. 6 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 avril)

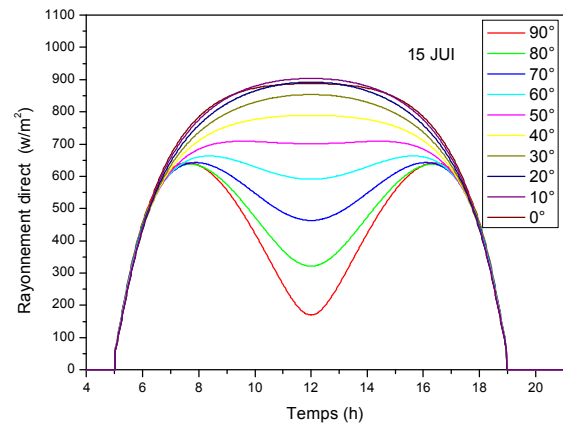


Fig. 9 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 juillet)

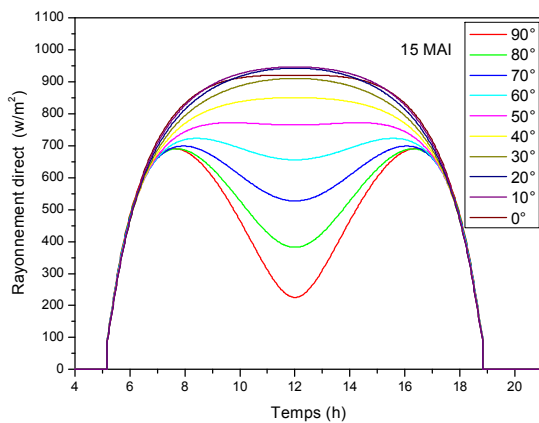


Fig. 7 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 mai)

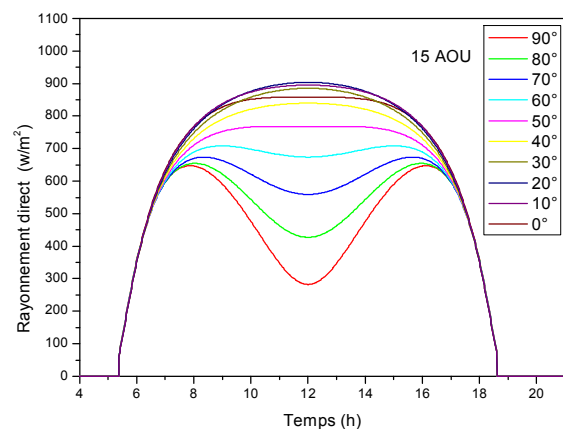


Fig. 10 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 août)

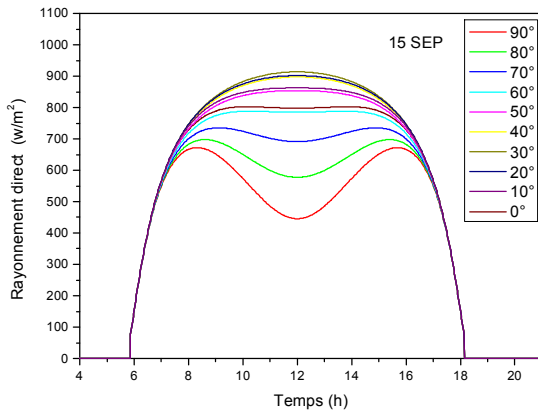


Fig. 11 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 septembre)

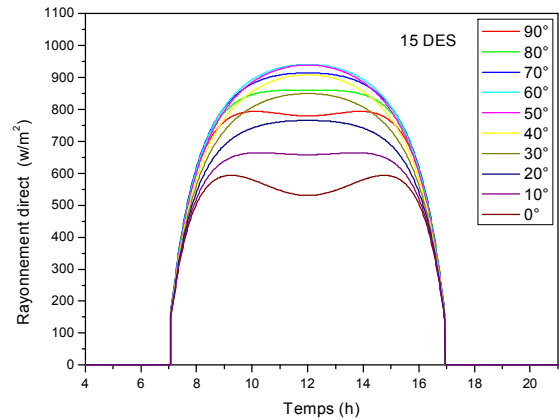


Fig. 14 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 décembre)

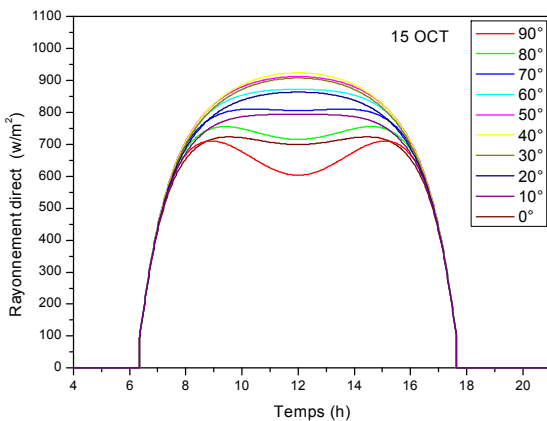


Fig. 12 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 octobre)

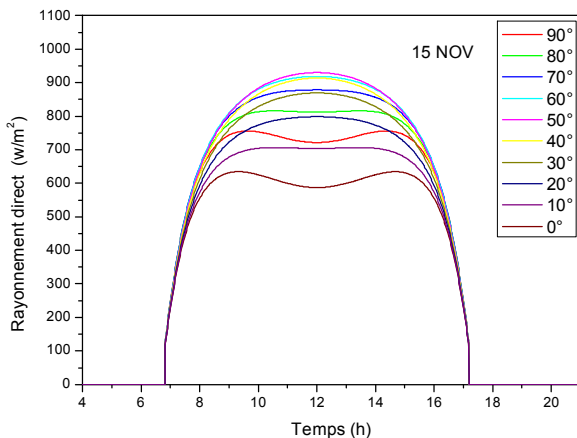


Fig. 13 Variation du rayonnement direct en fonction de différents angles d'inclinaisons (en 15 novembre)

Ces résultats montrent que l'angle optimal d'inclinaison pour lequel on enregistre l'éclairement solaire maximal est variable d'un mois à un autre.

➤ Recherche des angles optimaux

Afin de pouvoir estimer les angles optimaux d'inclinaison d'un concentrateur pour lesquelles le gain sera amélioré, et cela pour différents cas (sans changement d'angle au cours de l'année entière et avec changement d'angle d'inclinaison plusieurs fois par ans), nous avons utilisé la technique «Recherche par la section d'or» [5] pour calculer l'angle pour lequel le rayonnement sera maximum au cours d'une journée, l'angle optimal pour une période donnée sera la moyenne des angles optimaux enregistrer au cours de cette période.

D'après la simulation, on a obtenu les résultats suivants :

- ✓ Si on procède à un changement de l'angle d'inclinaison deux fois par ans seulement, l'éclairement solaire maximale est atteint pour les angles suivant :
 - 19.69° pour la période entre le 27/03 au 17/09.
 - 41.88° pour la période entre le 18/09 au 26/03.
- ✓ Si on procède à un changement de l'angle d'inclinaison quatre fois par ans, l'éclairement solaire maximale est atteint pour les angles suivant :
 - 28.72° pour la période entre le 12/02 au 25/03 et entre le 20/09 au 07/11.
 - 36.25° pour la période entre le 26/03 au 02/05 et entre le 07/08 au 20/09.
 - 05.75° pour la période entre le 03/05 au 06/08.
 - 56.71° pour la période entre le 08/11 au 11/02.
- ✓ Si on procède à un changement de l'angle d'inclinaison chaque mois, l'éclairement solaire maximale est atteint pour les angles suivant :
 - Pour les mois Janvier et Décembre l'angle optimal est égal à : 59.31°.
 - Pour les mois Février et Novembre l'angle optimal est égal à : 48.98°.



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



- Pour les mois Mars et Octobre l'angle optimal est égal à : **35.93°**.
- Pour les mois Avril et Septembre l'angle optimal est égal à : **21.63°**.
- Pour les mois Mai et Aout l'angle optimal est égal à : **09.49°**.
- Pour les mois Juin et Juillet l'angle optimal est égal à : **04.99°**.

IV. CONCLUSIONS

L'intérêt d'un concentrateur poursuit solaire, est bien sûr lié à son rendement. Pour parvenir à ce précieux rendement, l'angle d'incidence doit être le plus petit possible, à fin d'obtenir le meilleur facteur de transmission du rayonnement

solaire direct. Pour gagner plus d'énergie, il faut changer l'angle d'inclinaison au cours de l'année.

REFERENCES

- [1] A. Gama, M. Haddadi et A. Malek, *Etude, conception expérimentation d'un système de contrôle pour système suiveur de soleil*. Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2007) 229 – 238
- [2] A. Gama, M. Haddadi et A. Malek, *Etude et réalisation d'un concentrateur cylindro parabolique avec poursuite solaire aveugle*. Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°3 (2008) 437 – 451
- [3] F. Yettou, A. Malek, M. Haddadi et A. Gama, *Etude comparative de deux modèles de calcul du rayonnement solaire par ciel clair en Algérie*. Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°2 (2009) 331–346
- [4] M. Capderou, *Atlas solaire de l'Algérie*, Tome 2, OPU, 1986.