

Le point de conception

Le point de conception représente le jour et l'heure sur lesquels on va se baser pour dimensionner le champ solaire dans un endroit donné. Généralement, pour le dimensionnement des miroirs cylindro-parabolique, ce point est le 15 Juin à 12 heures en temps standard du pays (temps universelle) à la ville de Mohammedia. Tous les paramètres vont être calculés pour ce point

1- Calcul de l'angle journalière et la déclinaison

L'angle journalière (Γ) est un paramètre relatif à la position de la Terre dans le plan de l'elliptique exprimée en degrés. Son expression est donnée par la formule suivante:

$$\Gamma = \frac{360 \times (n-1)}{365}$$

Avec :

dn : Le numéro du jour dans l'année (c.-à-d. n =1 pour le 1er janvier, n = 166 pour le 15 Juin)

AN :

$$\Gamma = \frac{360 \times (166-1)}{365} = 162.74^\circ$$

La déclinaison δ est l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial. Elle varie selon les saisons entre -23.45° au solstice d'hiver (le 21 Décembre) et $+23.45^\circ$ au solstice d'été (le 21 Juin). $\delta = 0^\circ$ aux équinoxes de printemps et d'automne (le 21 Mars et Septembre). Sa valeur en degré est donnée par :

$$\delta = 23.45 \times \sin \sin \left(\frac{360 \times (n+284)}{365} \right)$$

AN :

$$\delta = 23.45 \times \sin \sin \left(\frac{360 \times (166+284)}{365} \right) = 23.3^\circ$$

2- Calcul de l'angle horaire (ω)

C'est l'angle formé entre le plan méridien passant par le soleil et le plan méridien du lieu obtenu par le déplacement angulaire du soleil autour de l'axe polaire, dans sa course d'est en ouest, par rapport au méridien local. L'angle horaire est compté à partir de 0 à 360° , mais en général on prend comme origine le méridien du lieu. Sa valeur est calculée par la relation suivante :

$$\omega = \frac{360}{24} \times (TSV - 12)$$

Avec :

TSV : Le temps solaire vrai

Pour obtenir le TSV, il faut d'abord calculer le temps solaire local TSL à partir du temps universelle TU par une correction de longitude :

$$TSL = TSV + \frac{\lambda}{15}$$

Avec :

λ : La longitude

AN :

$$TSL = 12 + \frac{-7.437}{15} = 11.5042 \text{ heures}$$

L'équation de temps ET représente l'écart entre le TSV et le TSL.

$$ET = TSV - TSL$$

Son expression est donnée par la formule suivante :

$$ET = \frac{229.18}{60} \times (0.000075 + 0.001868(\Gamma) - 0.014615 \times \cos \cos (2\Gamma) - 0.04089 \times \sin \sin (2\Gamma))$$

AN :

$$ET = -0.00036$$

$$TSV = 11.50384 \text{ heures}$$

Il en résulte que l'angle horaire dans le point de conception vaut :

$$\omega = -7.4424^\circ$$

3- Calcul de la hauteur et l'angle zénith

La hauteur de soleil h est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection sur le plan horizontale. Elle vaut 0° au lever et au coucher du soleil et prend sa valeur maximale à midi solaire. Sa valeur est donnée en fonction de la latitude L , la déclinaison δ et l'angle horaire ω par la relation :

$$h = \arcsin(\sin \sin (\delta) \times \sin \sin (L) + \cos(\omega) \times \cos(\delta) \times \cos(L))$$

AN:

$$h = 77.74^\circ$$

Le zénith θ_z est l'angle entre les rayons du soleil et une ligne perpendiculaire au plan horizontale. Elle est donnée en fonction de la hauteur par :

$$\theta_z = 90^\circ - h$$

AN:
 $\theta_z = 12.26^\circ$

4- Calcul de l'angle d'incidence θ et l'angle d'incidence modifiée K

L'angle d'incidence d'un collecteur orienté nord-sud est définie par l'équation suivante :

$$\theta = \sqrt{\cos^2(\theta_z) + \cos^2(\delta) \times \sin^2(\omega)}$$

AN :

$$\theta = 10.13^\circ$$

L'angle d'incidence modifiée K dépend directement de l'angle d'incidence θ . C'est une valeur déterminée expérimentalement. Pour le collecteur Eurotrough elle est définie par l'expression suivante :

$$K = 1 - 2.23073 \cdot 10^{-4} \times \theta - 1.1 \cdot 10^{-4} \times \theta^{-2} + 3.18596 \cdot 10^{-6} \times \theta^3 - 4.85509 \cdot 10^{-8} \times \theta^4$$

AN :

$$K = 1 - 2.23073 \cdot 10^{-4} \cdot 10.13 - 1.1 \cdot 10^{-4} \cdot 10.13^{-2} + 3.18596 \cdot 10^{-6} \cdot 10.13^3 - 4.85509 \cdot 10^{-8} \cdot 10.13^4$$

5-La température ambiante et l'humidité relative

Afin d'obtenir des valeurs sûres pour la température ambiante et l'humidité relative dans le point de conception, nous allons considérer leurs valeurs moyennes calculées sur 21 ans ; de 1984 jusqu'à 2004. Les deux tableaux suivants donnent ces valeurs issues la base de données de la NASA:

Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
T (°C)	25.12	21.66	20.03	18.84	19.02	25.37	20.31	22.58	17.06	24.32	19.37
Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
T (°C)	20.09	21.05	21.59	19.8	22.45	27.81	20.95	20.85	21.37	21.65	
T moyenne (°C)	21.5										

Tableau : Températures au 15 Juin à midi issues de la base de données de la NASA

Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
HR (%)	45.89	59.28	64.04	53.68	62.9	43.74	59.92	63.49	72.79	56.86	58.73
Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
HR (%)	57.41	71.88	62.91	67.44	58.15	36.63	65.87	66.64	70.11	63.38	
HR moyenne (%)	60.08										

Tableau : Humidités relatives au 15 Juin à midi issues de la base de données de la NASA

6- Calcul du rayonnement solaire direct

L'absence de cette donnée pour le 15 Juin à midi nous a obligés de calculer sa valeur à partir d'un modèle qui tient compte de l'altitude (z) du site par rapport à la mer, la température ambiante (T), l'humidité relative (HR), la hauteur du soleil (h) ainsi que le type de la zone d'installation du champ solaire. La démarche de ce modèle est la suivante :

a- Calcule de la pression atmosphérique (en Pa) dans le site:

$$Patm = 101325 \times \left(1 - 2.26 \cdot 10^{-5} \times z\right)^{5.26}$$

Où z est l'altitude en (m) (z=4m pour le site d'installation du champ solaire)

AN :

$$Patm = 101267.82 \text{ Pa}$$

b-Détermination de la pression de vapeur saturante (Pvs) et la pression partielle de vapeur d'eau (Pv) en millimètre de mercure (mmHG) :

$$Pvs = 2.165 \times \left(1.098 + \frac{T}{100}\right)^{8.02}$$

AN :

$$Pvs = 19.228 \text{ mmHG}$$

$$Pv = Pvs \times HR$$

AN :

$$Pv = 11.54 \text{ mmHG}$$

c- Définition de la masse d'air optique relative (m) pour obtenir l'épaisseur optique de Rayleigh (ER) qui détermine l'atténuation due à la diffusion :

$$m = \frac{Patm}{101153 \times \sin(h) + 15198.75 \times (3.885 + h)^{-1.253}}$$

AN :

$$m = 1.023$$

$$ER = \frac{-1}{0.9 \times m + 9.4}$$

AN :

$$ER = 0.097$$

d- Calcul du facteur de trouble de Linke TL :

$$TL = 2.4 + 14.6 \times B + 0.4 \times (1 + 2 \times B) \times \ln(Pv)$$

Où B est le coefficient de trouble atmosphérique qui dépend du type de la zone

AN :

Lieu	Montagne	Rural	Urbain	Industriel
B	0.02	0.05	0.10	0.20
TL	3.71	4.20	5.03	6.69

Tableau : Facteur de trouble de Linke en fonction du type du lieu

e- Détermination de l'énergie reçue en fonction du jour de l'année E_s en (W/m^2) :

$$E_s = 1367 \times (1 + 0.0334 \times \cos \times \left(\frac{360(n-2.7206)}{365.25} \right))$$

AN :

$$E_{sol} = 1323.84 W/m^2$$

f- Calcul du rayonnement solaire direct sur un plan récepteur normal à ce rayonnement :

$$I = E_{sol} \times EXP(-ER \times m \times TL)$$

AN :

Milieu	Montagne	Rural	Urbain	Industriel
I (W/m^2)	916	873	804	682

Tableau : Rayonnement solaire direct sur un plan normal suivant le type du milieu

La zone où le champ solaire sera installé est située à coté de la centrale turbine à gaz, la centrale thermique, la SAMIR, et la SNEP ; chose qui prouve qu'on est dans un milieu industriel où l'atmosphère est pollué. Par conséquent, nous allons prendre pour le calcul un rayonnement direct de $682 W/m^2$.