



## Cours N°3: Données géométriques et astronomiques sur SR

### 3.1 La constante solaire :

C'est le flux solaire moyen reçu par une surface plane orientée perpendiculairement aux rayons solaires en dehors de l'atmosphère terrestre, en ( $W/m^2$ ). Constante (qui varie peu dans le temps et l'espace). Les mesures effectuées par la NASA à bord des satellites avancent une valeur moyenne de  $1353 (W/m^2)$ , certains ouvrages avancent la valeur de  $1390 (W/m^2)$  et d'autres  $1367 (W/m^2)$  ( par Claus Frohlich et Cristoph Wehrli du centre radiométrique mondial) .

### 3.2 Déclinaison du soleil

Le mouvement de la terre sur son axe et autour du soleil est schématisé sur la figure (3). Les quatre positions de la terre représentées sur cette figure correspondent aux solstices et aux équinoxes. On notera en particulier que l'axe de rotation de la terre est incliné par rapport à la normale du plan de l'écliptique d'un angle de  $23.27'$ . et la déclinaison du soleil ( $\delta$ ) varie donc de  $-23.27'$  (solstice d'hiver 21 Décembre) à  $+23.27'$  (solstice d'été 21 Juin) en passant par 0 aux équinoxes.

La variation de la distance terre-soleil pendant l'année influence la valeur de la constante solaire. La relation suivante donne la valeur corrigée de la constante solaire.

$$\delta = 23.45 \sin [0.980(j + 284 )]$$

La courbe suivante représente la variation de l'angle ( $\delta$ ) en fonction de nombre de jours figure 3.1.

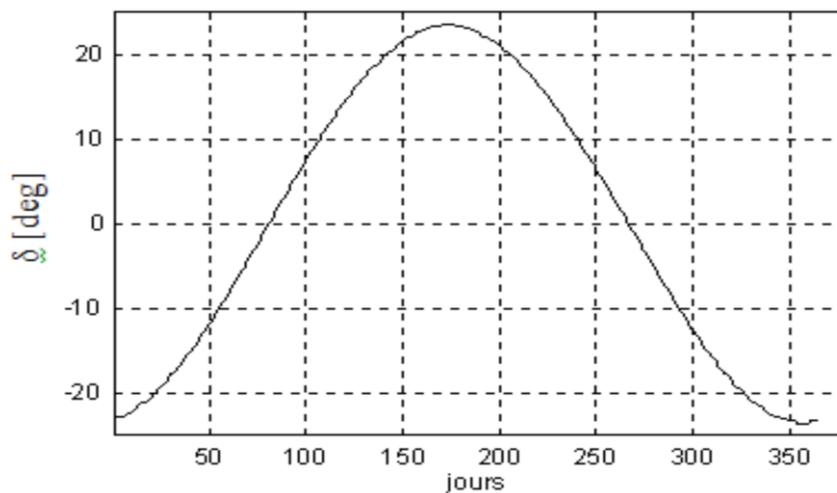


Figure 3.1 : déclinaison du soleil.

### 3.3 Angle horaire $\omega$ : entre les plans ( $oz', os$ ) et ( $oz', ox'$ )

L'angle horaire est formé par le plan méridien passant par le centre du soleil et le plan vertical du lieu. Au midi solaire l'angle horaire ( $\omega$ ) est égal à  $0^\circ$  ensuite chaque heure correspond à  $15^\circ$  car la terre effectue un tour complet ( $360^\circ$ ) sur elle-même en 24 heures. L'angle ( $\omega$ ) est compté négativement le matin lorsque le soleil est vers l'est et positivement le soir.

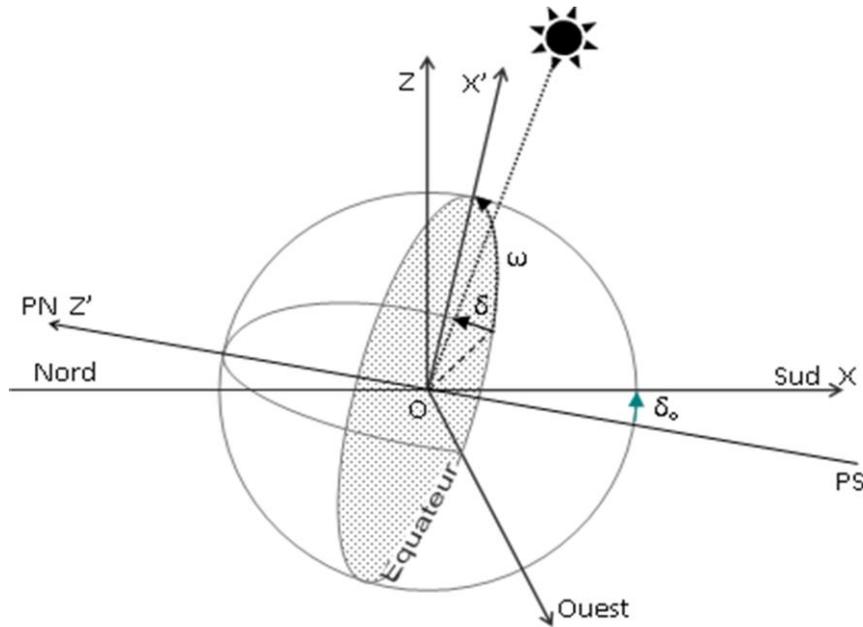


Fig.3.2. Système de coordonnées horaires

L'angle horaire  $\omega$  (encore noté AH) du soleil est déterminé par la rotation de la terre autour de son axe. C'est la mesure de l'arc de trajectoire solaire compris entre le soleil et le plan méridien du lieu. Exprimé en° d'angle,

L'angle horaire est déterminé par la rotation régulière de terre autour de son axe polaire, il est donc directement lié au temps solaire vrai TSV qui est un paramètre essentiel permettant de calcul exact des coordonnées angulaire du soleil.

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

TSV : temps solaire vrai donné en heures.

### 3.4 Hauteur du soleil (h)

Angle compris entre l'horizon astronomique et l'axe issu du point considéré au soleil. Il est compté de 0° à 90° si le soleil se trouve dans l'hémisphère Nord (Zénith) et de 0 à -90° si le soleil se trouve dans l'hémisphère Sud (Nadir).

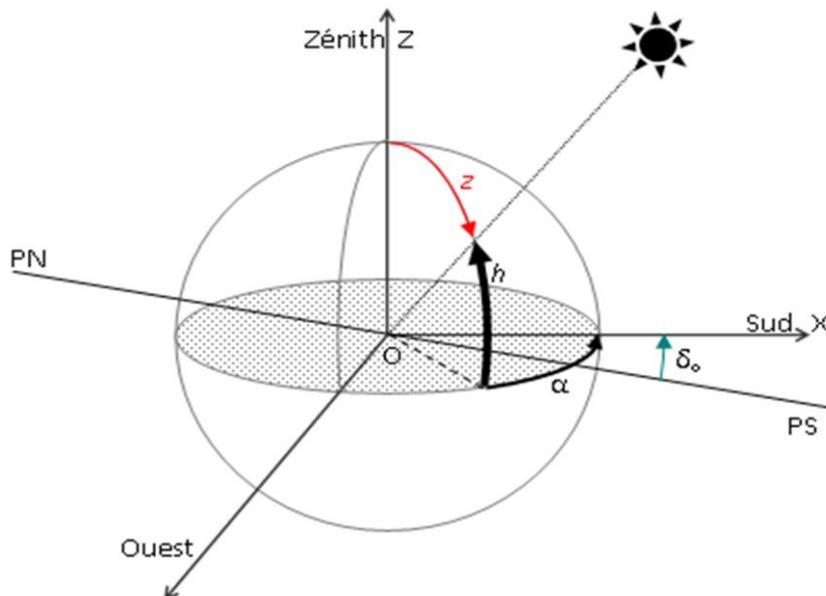


Fig.3.3. Système local de coordonnées azimutales

### 3.5 Azimut du soleil ( $\alpha$ )

Angle entre la projection de la direction du soleil (OS), sur le plan horizontal et le Sud, il est compté positivement vers l'Ouest et négativement vers l'Est.

Les angles ( $h$ ) et ( $\alpha$ ) varient au cours de la journée à cause de la rotation de la terre sur elle-même, c'est pour cette raison qu'un second système de coordonnées a été défini et axé sur la direction des pôles, c'est le système des coordonnées horaires:

Le trièdre de référence de ce système est celui représenté sur la Fig.4. :

- $OX'$  dans le plan ( $OX, OZ$ ) est perpendiculaire à  $OZ'$ .
- $OY'$  vers l'ouest.
- $OZ'$  vers le pôle nord.

### 3.6 Altitude

L'altitude est l'élévation verticale d'un lieu ou d'un objet par rapport à un niveau de base. Altitude est aussi une grandeur qui exprime un écart entre un point donné et un niveau de référence ; par convention, sur Terre ce niveau est le plus souvent le niveau de la mer (ou « niveau zéro »).

### 3.7 Lever et coucher du soleil

On s'intéresse ici à deux instants particuliers de la journée, le « lever » et le « coucher » du soleil.

### 3.8 Durée du jour

La durée du jour (ou longueur du jour), au sens strict, est le temps compris, chaque jour entre le moment où le limbe supérieur du Soleil apparaît au-dessus de l'horizon, au lever de soleil, jusqu'à sa disparition en dessous, lors du coucher de soleil. Il s'agit de la période s'étendant entre l'aube et le crépuscule.

### 3.9 Fraction d'insolation

La durée d'insolation est une variable qui présente une grandeur non stationnaire, celle-ci trouve son explication dans la variation de sa moyenne au cours de l'année, à cause de la saisonnalité du processus. En effet, elle varie d'un jour à l'autre.

L'ensoleillement d'un site est exprimé par la fraction d'insolation ( $\sigma$ ) définie par le rapport :

$$\sigma = \frac{n}{d}$$

Où ( $n$ ) est le nombre d'heures ensoleillées ou durées d'insolation, et ( $d$ ) la durée du jour

- pour un jour très clair  $\sigma = 1$
- pour un jour totalement couvert de (nuage)  $\sigma = 0$ .

Par exemple les fractions d'insolation sont exprimées en % (moyenne mensuelle) pour le site de Biskra dans l'Atlas solaire de l'Algérie est donné par le tableau suivant :

JA	FE	MR	AV	MA	JN	JL	AO	SE	OC	NO	DE
73	76	76	75	75	79	88	86	85	73	68	72

Tableau (3.1) : fraction d'insolation dans le site de Biskra.

### 3.10 Albédo

La réflectivité, le coefficient d'absorption et la transmissivité dépendent de la longueur d'onde. Par 70% exemple, la neige réfléchit approximativement. En générale, on définit des caractéristiques radiatives moyennes dans un intervalle de longueurs d'onde.

Le rapport entre l'énergie solaire réfléchie et l'énergie solaire incidente est appelé albédo,  $\alpha$  de la surface

$$\alpha = \frac{\text{Energie solaire réfléchie}}{\text{Energie solaire incidente}}$$

Surface	Réfectivité moyenne
Sol enneigé	0.7
Sol recouvert de feuilles mortes	0.30
Herbe verte	0.26
Forêt en automne ou champs dorés	0.26
Galets et pierres blanches	0.20
Herbe sèche	0.20
Sol argileux	0.17
Forêt en hiver (arbres conifères sans neige)	0.07
Plan d'eau (soleil haut $h > 030^\circ$ )	0.07

Figure 3. 4 : Albédo du sol.

### 3.11 Composantes du rayonnement solaire

L'atmosphère ne transmet pas au sol la totalité du rayonnement solaire qu'elle reçoit :

- **Le rayonnement direct** est celui qui traverse l'atmosphère sans subir de modifications ou c'est le rayonnement reçu directement du Soleil.
  - **Le rayonnement diffus** est la part du rayonnement solaire diffusé par les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Il n'a pas de direction privilégiée.
  - **Le rayonnement réfléchi** : est le rayonnement émis par des obstacles (nuages, sol, bâtiments) et provient de toutes les directions, Il peut être mesuré par un pyranomètre avec écran masquant le soleil.
- Rayonnement global** : Le rayonnement global au sol est donc fonction de la composition et de l'épaisseur de l'atmosphère traversée par les rayons lumineux au cours de la journée. Il se décompose en rayonnement direct et rayonnement diffus et/ou réfléchi.
- Le rayonnement global est la somme du rayonnement direct et diffus et/ou réfléchi.

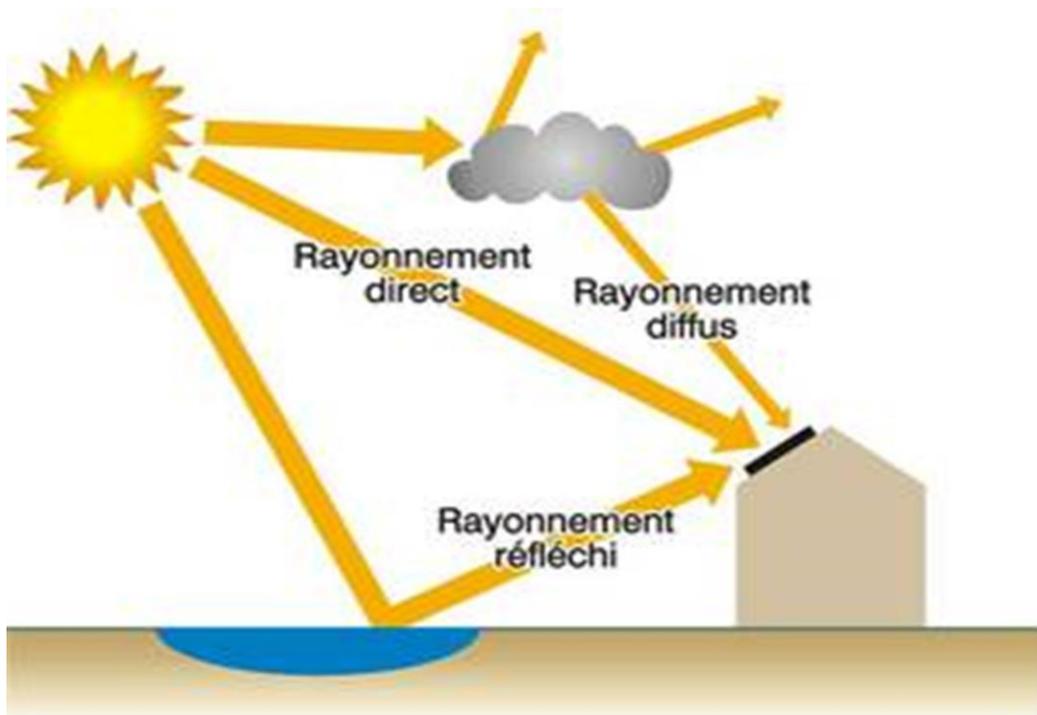
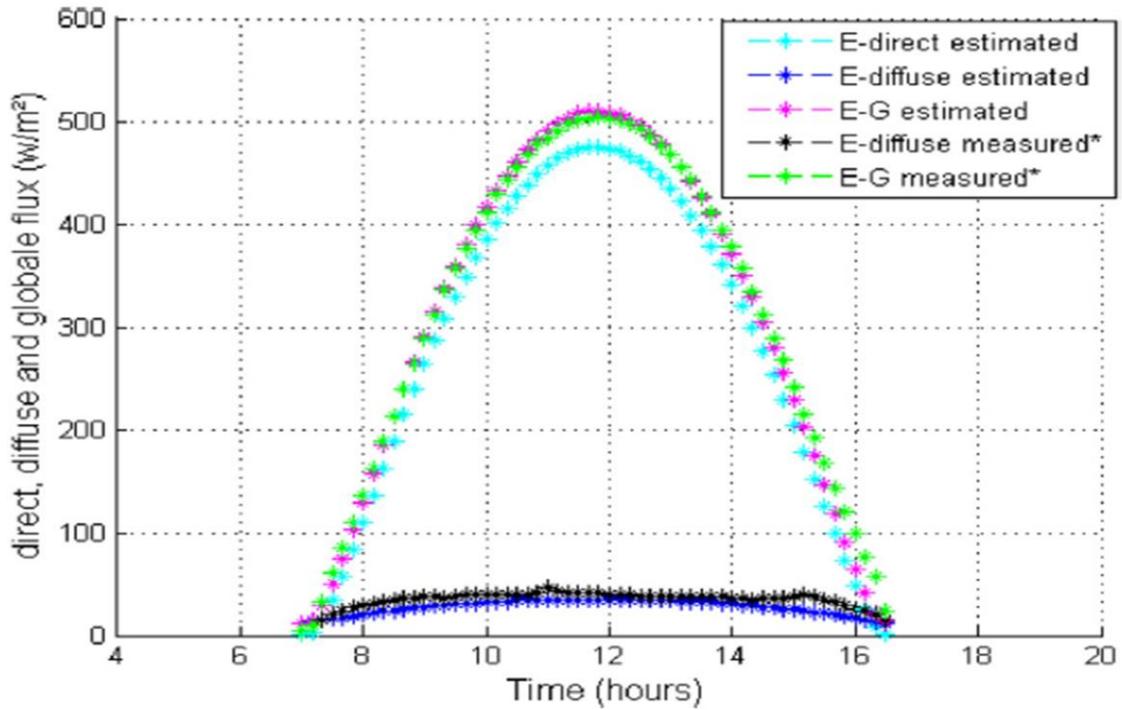


Figure 3. 5 : Types de rayonnement Solaire



Direct, diffuse and global solar fluxes for 4 December 2013.

Figure 3.6 Courbes de Rayonnement global, direct et diffus.

### 3.12 Courbe de variation de la course du soleil

La course du soleil est définie en fonction des mois de l'année [01 à 12] et des heures de la journée.

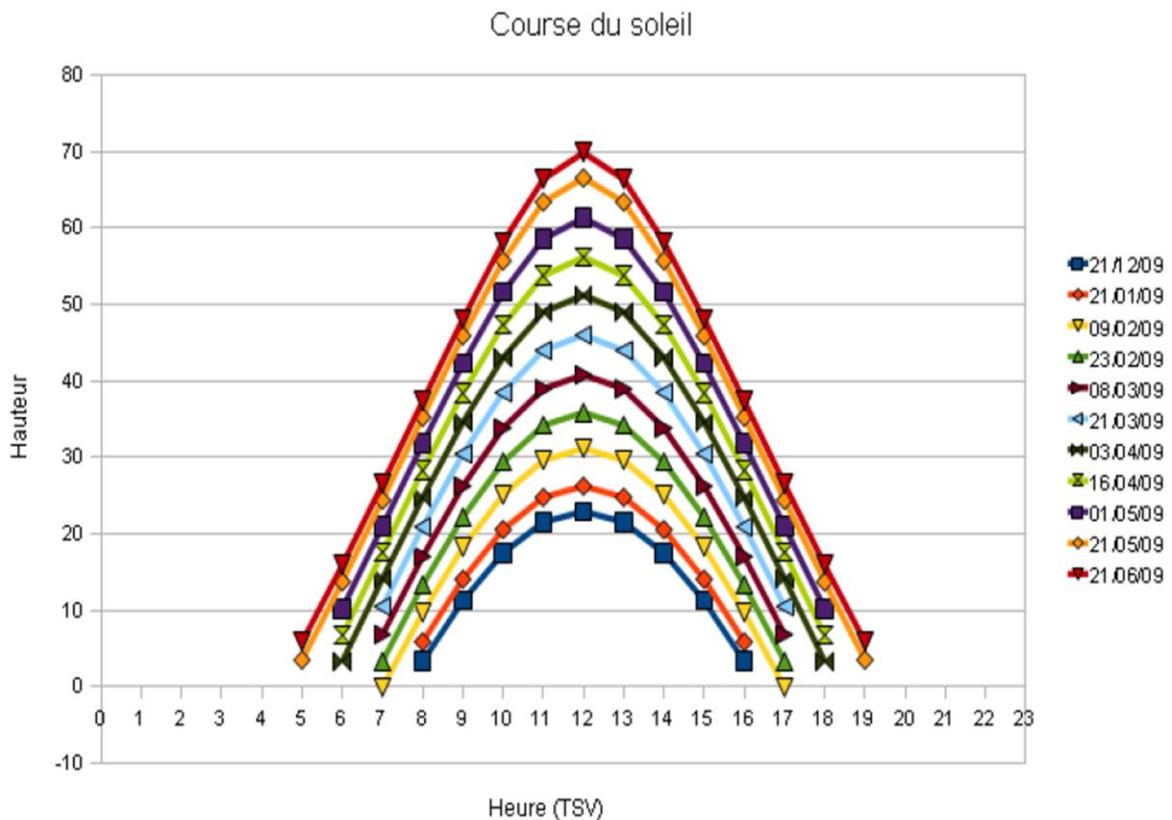


Figure 3.7 : Graphique hauteur/azimut de la course du soleil pour les 12 mois de l'année.

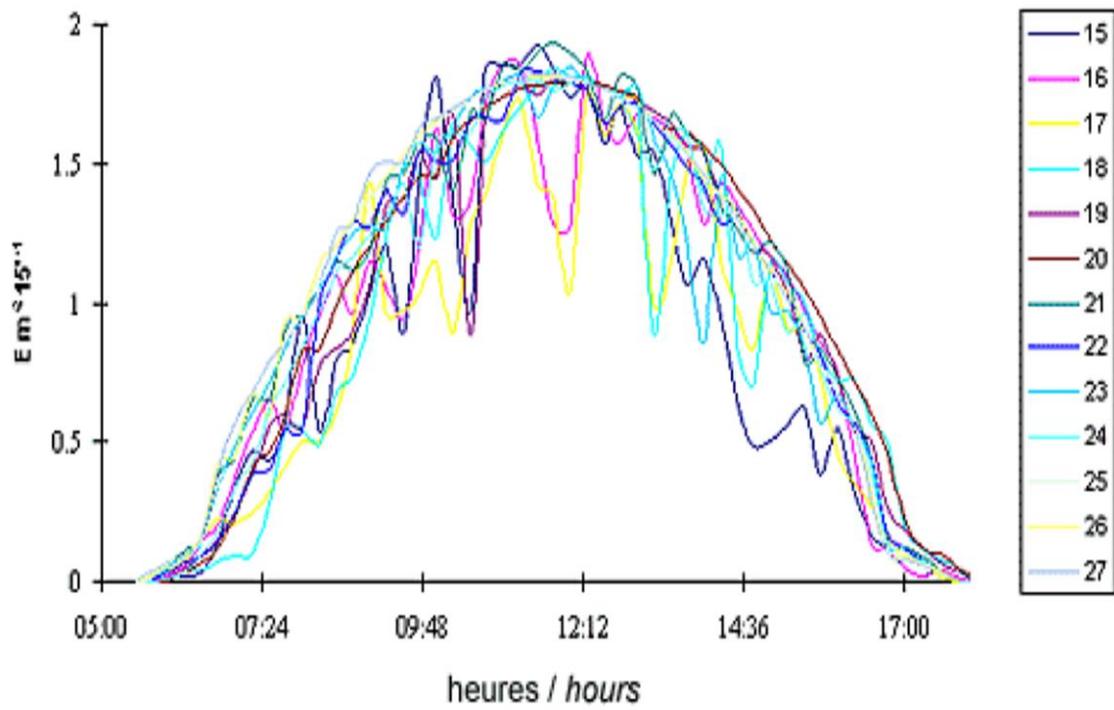


Figure 3.8 : Graphique hauteur/azimut de la course du soleil pour les 12 mois de l'année.