

# Chapitre 5 Les Systèmes Thermiques Solaires A Haute Température A Concentration

## I.1. Définition:

L'énergie solaire concentrée, en abrégé CSP, est un système basé sur la concentration du rayonnement solaire sur une petite zone pour obtenir des températures élevées, généralement de l'ordre de 400 à 1000 °C. Cette énergie thermique est convertie en électricité via des turbines à vapeur ou à gaz.

## I.2 L'importance du CSP:

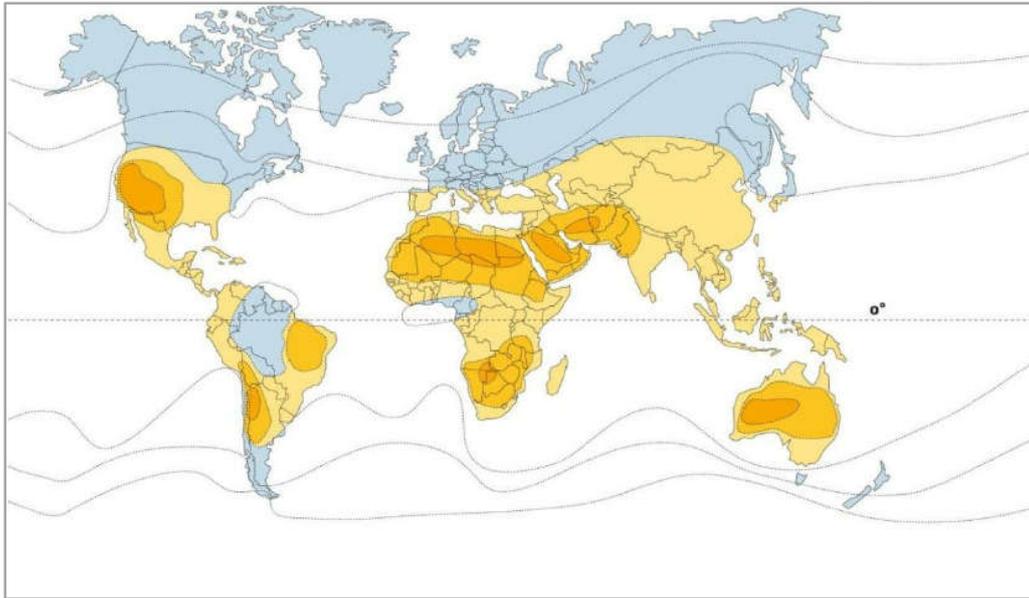
La technologie CSP est récemment devenue intéressante à l'échelle mondiale comme l'un des moyens de répondre à la demande croissante en utilisant l'énergie solaire. Des sommes considérables ont été investies au niveau international dans le développement de cette technologie. Depuis 2005, des systèmes sont installés commercialement. Cependant, les différentes technologies utilisées n'ont pas encore été optimisées, ni techniquement ni économiquement, et il reste encore beaucoup d'expérience à accumuler avant que le CSP puisse être considéré comme une source d'électricité fiable et à faible coût.

## I.3 Sélection du site de l'usine CSP:

Les sites les plus appropriés pour le CSP en ce qui concerne l'irradiation solaire sont les déserts du monde. La meilleure ressource solaire au monde se trouve dans les déserts d'Afrique du Sud et du Chili où l'irradiation solaire directe annuelle atteint 3000 kWh / m<sup>2</sup> par an. Le sud de l'Espagne et la côte nord-africaine ont entre 1800 et 2200 kWh / m<sup>2</sup> par an. Le sud-ouest des États-Unis et la Haute-Égypte ont 2000-2800 kWh / m<sup>2</sup> par an. La France, l'Italie et le Portugal ont des niveaux encore plus bas. Le potentiel technique mondial du CSP a été estimé à près de 3 000 000 TWh / an, soit 166 fois plus élevé que la consommation énergétique mondiale actuelle de 18 000 TWh / an. [2]

Les autres facteurs importants dans la sélection du site CSP sont:

- Facteurs géographiques
- Disponibilité de terrains plats et non peuplés qui ne sont pas écologiquement sensibles ou déjà utilisés.
- Disponibilité de grandes quantités d'eau pour le refroidissement.
- Distance au réseau électrique.
- Accès routier.
- Risques climatiques potentiels

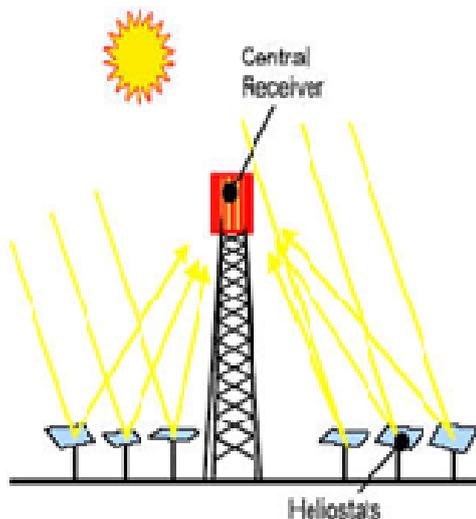


**Figure. 2: Sites potentiels pour le CSP en ce qui concerne les niveaux d'irradiation solaire. (Source: research gate Ahmed AAIEWI. Jaunevif «Good». Orange «Outstanding»).**

#### I.4. Types CSP:

Il existe quatre types de technologies CSP, la plus ancienne en cours d'utilisation étant le creux et la plus forte en 2017 étant la tour. Pour chacun d'entre eux, il existe différentes variantes de conception ou différentes configurations, selon que le stockage d'énergie thermique est inclus et quelles méthodes sont utilisées pour stocker l'énergie solaire thermiquement.

##### I.4.1. Systèmes de tour solaire:



**Figure. 3: Power Tower à Dubaï**

**Figure. 4: Schéma de la tour de puissance**

Les systèmes de tour de puissance ou de récepteur central utilisent des miroirs de suivi du soleil appelés héliostats pour concentrer la lumière du soleil sur un récepteur au sommet d'une tour. Un fluide caloporteur chauffé dans le réservoir jusqu'à environ 600 ° C est utilisé pour générer de la vapeur, qui, à son tour, est utilisée dans un turbogénérateur classique pour produire de l'électricité.

Les premières tours électriques utilisaient la vapeur comme fluide caloporteur, ce qui ne se prête pas au stockage. Khi Solar One en Afrique du Sud et Ivanpah en Californie fonctionnent commercialement en chauffant directement l'eau à la vapeur. Mais Gemasolar (2011), Crescent Dunes (2013) et Noor III (2018) utilisent des sels fondus en raison de leurs capacités supérieures de transfert de chaleur et de stockage d'énergie. [3]

#### I.4.2 Systèmes de Fresnel linéaires:



Figure 5: Réflecteur de Fresnel linéaire

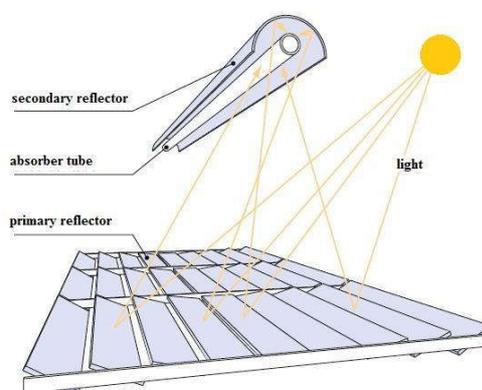
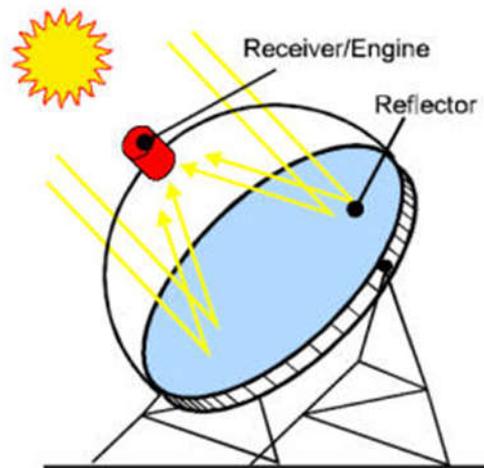
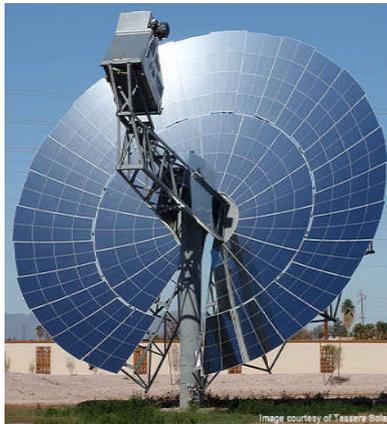


Figure 6: Schéma de Fresnel linéaire

Les systèmes de concentration linéaire collectent l'énergie solaire à l'aide de longs miroirs rectangulaires courbes (en forme de U). Les miroirs focalisent la lumière du soleil sur des récepteurs (tubes) qui parcourent la longueur des miroirs. La lumière solaire concentrée chauffe un fluide circulant à travers les tubes. Le fluide est envoyé à un échangeur de chaleur pour faire bouillir de l'eau dans un générateur à turbine à vapeur classique pour produire de l'électricité. Il existe deux principaux types de systèmes de concentrateurs linéaires: les systèmes à auge parabolique, où les tubes récepteurs sont positionnés le long de la ligne focale de chaque miroir parabolique, et les systèmes à réflecteurs Fresnel linéaires, où un tube récepteur est positionné au-dessus de plusieurs miroirs pour permettre aux miroirs une plus grande mobilité dans suivre le soleil.

Une centrale électrique à collecteur à concentration linéaire a un grand nombre, ou champ, de collecteurs en rangées parallèles qui sont généralement alignées dans une orientation nord-sud pour maximiser la collecte d'énergie solaire. Cette configuration permet aux miroirs de suivre le soleil d'est en ouest pendant la journée et de concentrer la lumière du soleil en continu sur les tubes récepteurs. [3]

### I.4.3. Systèmes de parabolique:

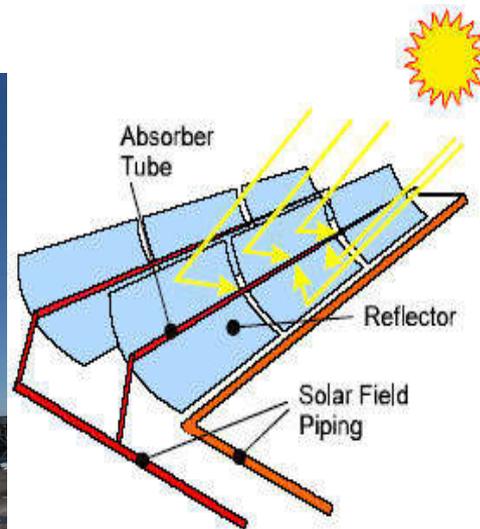
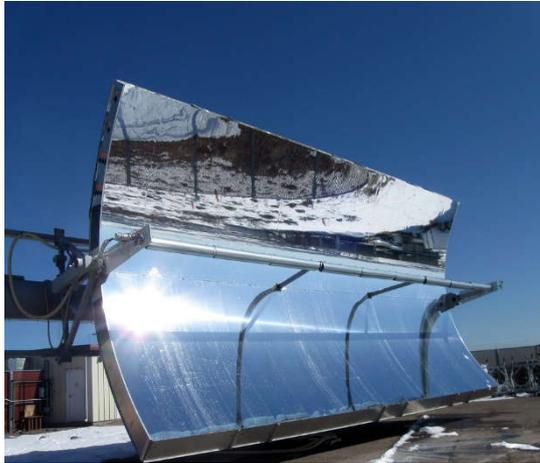


**Figure 7: collecteur parabolique. Figure 8: diagramme parabolique parabolique**

Les systèmes de parabole / moteur solaire utilisent une parabole en miroir semblable à une très grande antenne parabolique. Pour réduire les coûts, le plat en miroir est généralement composé de nombreux miroirs plats plus petits formés en forme de plat. La surface en forme de cuvette dirige et concentre la lumière du soleil sur un récepteur thermique, qui absorbe et collecte la chaleur et la transfère à un générateur de moteur. Le type de moteur thermique le plus couramment utilisé dans les systèmes de parabole / moteur est le moteur Sterling. Ce système utilise le fluide chauffé par le récepteur pour déplacer les pistons et créer une puissance mécanique. La puissance mécanique fait fonctionner un générateur ou un alternateur pour produire de l'électricité.

Les systèmes de parabole / moteur solaire pointent toujours directement vers le soleil et concentrent l'énergie solaire au point focal de la parabole. Le rapport de concentration d'une parabole solaire est beaucoup plus élevé que les systèmes de concentration linéaire et sa température du fluide de travail est supérieure à 1380 ° F. L'équipement de production d'électricité utilisé avec une parabole solaire peut être monté au point focal de la parabole, ce qui le rend bien adapté aux endroits éloignés, ou l'énergie peut être collectée à partir d'un certain nombre d'installations et convertie en électricité à un point central. [3]

### I.2.4 Systèmes decylindro-parabolique

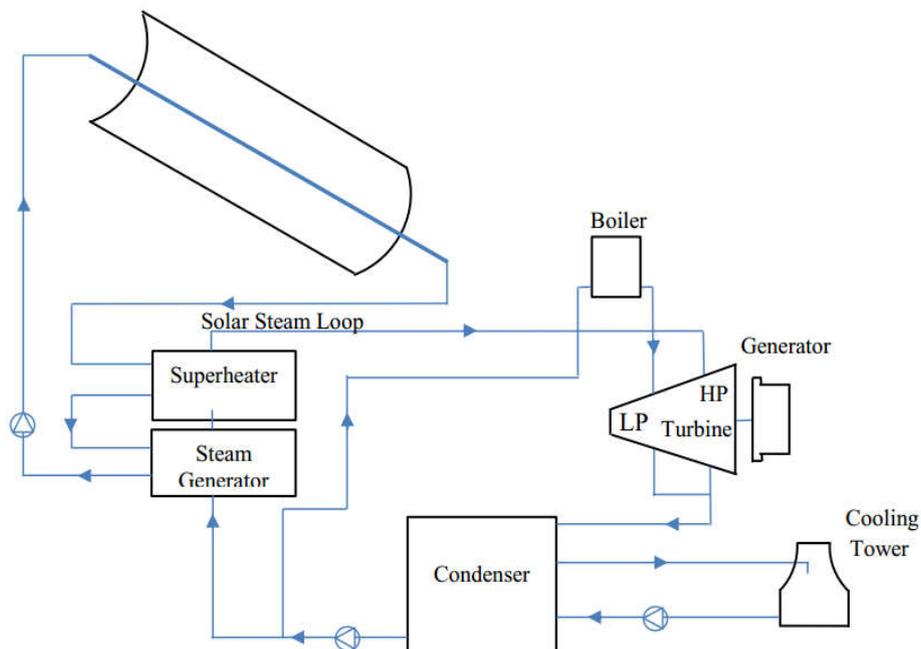


**Figure 9: collecteur creux parabolique. Figure 10: diagramme du creux parabolique**

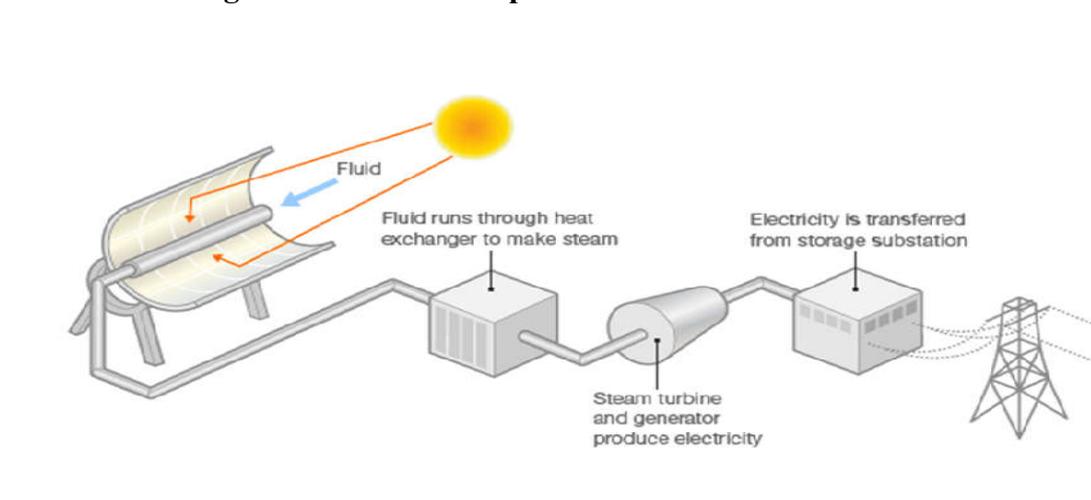
Le collecteur creux parabolique (réflecteur) ou PTC est un capteur d'énergie solaire thermique conçu pour capter le rayonnement solaire direct du soleil sur une grande surface et le focaliser, ou plus généralement le «concentrer» sur une petite zone focale augmentant l'énergie solaire reçue par plus d'un facteur de deux, ce qui signifie plus de chaleur globale par mètre carré d'auge. [3]

### I.3. Production d'énergie solaire

En raison de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> et de la consommation d'énergie, le solaire l'énergie thermique a été largement appliquée. Les PTSC peuvent être intégrés au solaire thermique centrales électriques de deux manières: premièrement, faire fonctionner une turbine à vapeur avec de la vapeur générée directement à partir de Les PTSC, connus sous le nom de technologie DSG, et deuxièmement, chauffer un fluide caloporteur (HTF) dans le champ solaire, puis l'utiliser dans un échangeur de chaleur pour générer de la vapeur la turbine à vapeur. Dans les deux cas, les PTSC peuvent exploiter toutes sortes de centrales à turbine à vapeur, y compris Rankine avec surchauffe, Rankine avec régénération, Rankine avec réchauffement, Cycle organique de Rankine qui produit de la vapeur à partir d'un fluide organique au lieu de l'eau [4]. L'exemple le plus courant qui utilise des collecteurs à auge paraboliques pour produire de l'électricité est le neuf système commercial de production d'énergie solaire (SEGS). Ils sont construits et installés dans le désert de Mojave, en Californie, d'une capacité totale de 354 MW. Les premières trois centrales ont une capacité de 14 MW, tandis que les six prochaines ont une capacité de 30 MW. Les deux dernières centrales font 80 MW [4].



**Figure 11: Schéma simplifié de la centrale INDITEP**



**Figure 12: le diagramme montre le fonctionnement du CSP.**

Un schéma des installations SEGS est présenté à la (figure 11 et figure 12). Comme on le voit, le majeur Les composants des installations sont les PTSC, les pompes de circulation, le bloc de production d'énergie, sous-systèmes auxiliaires de gaz naturel et commandes. Du côté du champ solaire, un transfert de chaleur le fluide (HTF) est chauffé par les PTSC puis pompé vers un générateur de vapeur et une surchauffeur où la vapeur est générée et redirigée vers les PTSC. Du côté de la production d'électricité, le vapeur raccordé à la turbine produisant une puissance mécanique entraînant un générateur électrique. La vapeur sortant de la turbine est refroidie par un condenseur et pompée à nouveau vers la chaleur échangeur. Le cycle est répété encore et encore [5].