



Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

Conversion thermodynamique de l'énergie solaire sous concentration

Quentin FALCOZ

Maître de Conférences – Université de Perpignan Via Domitia

Pour bien comprendre le principe de fonctionnement des centrales solaires à concentration, il faut tout d'abord rappeler comment fonctionne une centrale thermique de production d'électricité.

- ✓ Le principe fondamental d'une centrale thermique traditionnelle, c'est l'utilisation d'un cycle thermodynamique à vapeur qu'on appelle aussi cycle de Rankin.
- Le cycle à vapeur est composé de trois éléments importants qui sont :
 - un évaporateur,
 - une turbine
 - et un condenseur.
- ✓ Donc le principe, on prend de l'eau liquide, on la transforme en vapeur d'eau grâce à un apport de chaleur, on envoie ensuite cette vapeur d'eau dans une turbine à vapeur, et c'est cette turbine qui est reliée à un générateur qui va produire de l'électricité l'envoyer sur le réseau.

- ✓ La vapeur d'eau est ensuite condensée dans le condenseur pour retourner à l'état liquide et ensuite recommencer le cycle à son début.

Ce qui différencie les types de centrales thermiques, c'est la méthode utilisée pour produire la vapeur d'eau, autrement dit, la façon dont on va apporter de la chaleur dans l'étage de l'évaporateur.

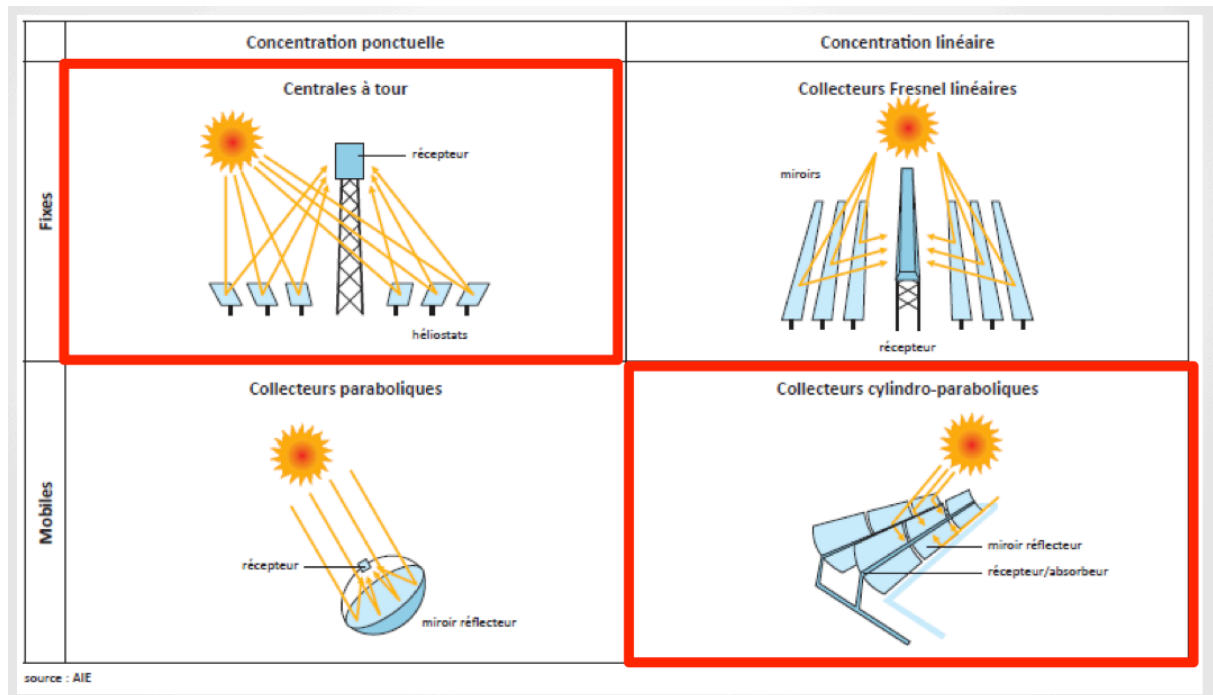
- Dans une centrale à charbon, on va brûler du charbon.
- Dans une centrale à gaz, on va brûler du gaz.
- Dans une centrale nucléaire, on va utiliser une réaction thermonucléaire qui va produire énormément de chaleur.

⇒ Et bien dans une centrale solaire à concentration, on va utiliser les rayons du soleil et on va les concentrer afin d'obtenir suffisamment de chaleur et ainsi pouvoir produire de la vapeur.

Pour concentrer les rayons du soleil, on va utiliser un système optique, le plus souvent composé d'un jeu de miroirs un peu comme on le ferait avec une loupe lorsqu'on essaie de brûler un morceau de papier au soleil.

Il y a plusieurs types de centrales solaires et on peut les classer selon leur système optique, c'est-à-dire en fonction de la méthode utilisée pour concentrer les rayons du soleil.

Il existe quatre grandes familles de centrales solaires à concentration :



- On peut faire une différence entre les systèmes qui concentrent les rayons du soleil sur un point ou les systèmes qui concentrent les rayons du soleil sur une ligne.
 - Dans le premier cas, on parlera de concentration ponctuelle ;
 - Dans le second cas on parlera de concentration linéaire.
- Ensuite, pour chaque cas, on peut faire une distinction entre les technologies à récepteurs fixes ou les technologies à récepteurs mobiles.
- Ce qu'on appelle récepteur, c'est la partie de la centrale qui reçoit directement le rayonnement solaire concentré.

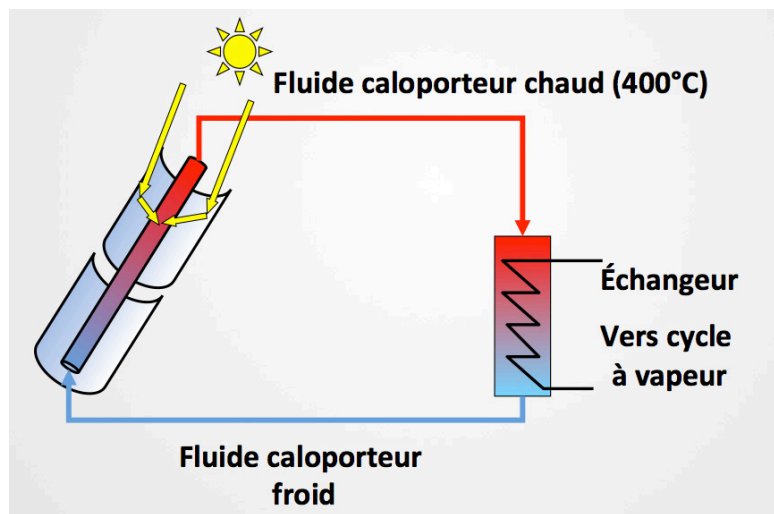
Les quatre grandes familles de centrales solaires se répartissent donc comme ceci :

- Dans la catégorie des systèmes à concentration ponctuelle, on trouve les centrales à tour et les collecteurs paraboliques.
- Dans la catégorie des systèmes à concentration linéaire, on trouve les collecteurs linéaires de Fresnel et les systèmes cylindro-paraboliques.

Parmi ces quatre types de centrales solaires, il y en a deux qui sont largement développés à travers le monde et qui sont aujourd'hui des technologies reconnues matures par le monde industriel : ce sont les centrales à tour et les centrales cylindro-paraboliques.

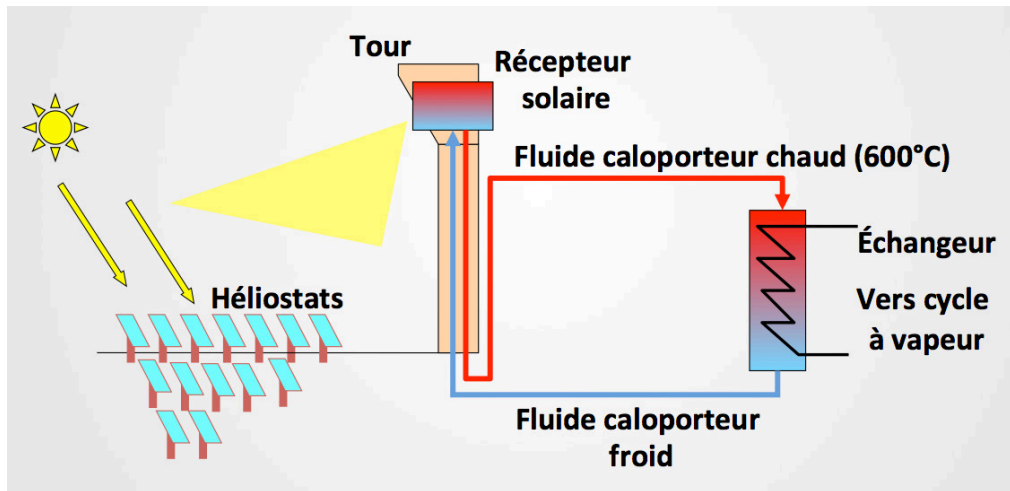
On va donc se pencher un peu plus en détail sur ces deux types de centrales.

- Une centrale cylindro-parabolique est composée :



- d'un réflecteur parabolique qui est en fait un grand miroir en forme de gouttière ;
 - une structure métallique qui sert à supporter le miroir ;
 - un tube récepteur et ;
 - le système de poursuite du soleil.
- Le rôle du système de poursuite du soleil est d'adapter l'inclinaison du capteur de manière à ce que les rayons en provenance du soleil soient toujours perpendiculaires au réflecteur.
 - Ainsi, quelle que soit la position du soleil dans la journée, les rayons sont donc réfléchis en permanence vers le tube récepteur.
 - L'énergie thermique reçue est ensuite absorbée par un tuyau métallique à l'intérieur d'un tube en verre sous vide.
 - ✓ Le fluide qui circule l'intérieur du tube est chauffé à une température aux alentours des 400°C, ce fluide que l'on appelle plus souvent fluide de transfert ou fluide caloporteur, est la plupart du temps de l'huile synthétique.
 - Ce fluide est ensuite pompé à travers des échangeurs conventionnels afin de produire de la vapeur d'eau à haute température et cette vapeur d'eau va ensuite être intégrée à un cycle thermodynamique pour produire de l'électricité comme on l'a vu précédemment.

Donc maintenant on va parler des centrales à tour. Dans une centrale à tour, plusieurs centaines ou milliers de miroirs sont positionnés autour d'une tour centrale.



- ✓ On appelle ces miroirs des héliostats, qui vient du grec *hélios* et *stat*, qui veut dire qui fixe le soleil.
- Situés au sol, ces héliostats sont orientables selon deux axes. Les rayons en provenance du soleil sont ainsi en permanence réfléchis en direction d'un point unique, qui est situé au sommet de la tour.
- Le rayonnement solaire est directement concentré sur un absorbeur qui transforme le rayonnement solaire en chaleur à haute température.
- ✓ Généralement, dans ce type de technologie, le fluide caloporteur utilisé est composé de sel fondu, les sels fondus sont chauffés par les rayons solaires aux alentours de 600°C et vont, comme précédemment, transférer leur énergie à de la vapeur d'eau pour pouvoir produire de l'électricité.

Enfin, pour finir sur ces généralités à propos des centrales solaires à concentration, je voudrais dire quelques mots sur les centrales actuelles sur la planète.

Un point très important à prendre en compte est que pour fonctionner, une centrale solaire à concentration a besoin d'ensoleillement direct, c'est-à-dire de rayons qui viennent directement du soleil.

- ✓ Au passage, ce point est une différence fondamentale avec l'énergie solaire d'origine photovoltaïque qui, elle, peut se contenter d'ensoleillement diffus pour pouvoir fonctionner.
- La conséquence de ça, c'est que pour être efficace, une centrale solaire à concentration doit être installée dans une région du globe où l'ensoleillement direct est jugé suffisant.

- Sur cette carte, à gauche, on voit quelles sont les régions de la planète pour lesquelles la ressource, donc l'ensoleillement direct, est jugée suffisante pour nos centrales solaires à concentration.
- On voit évidemment que ça correspond plus ou moins aux zones des grands déserts de notre planète telle que le Sahara, le sud-ouest américain ou encore l'Australie.

Pour illustrer cette contrainte et la mettre en perspective, on peut comparer la carte de gauche avec celle de droite qui répertorie et situe l'ensemble des centrales solaires sur la planète.

- On s'aperçoit donc que les sites sur lesquels sont implantées les centrales solaires correspondent effectivement aux zones géographiques où la ressource solaire directe est jugée très bonne.

Enfin, pour finir, on peut dire que le développement de ce type d'énergie renouvelable que sont les centrales solaires est très prometteur puisque le nombre de centrales opérationnelles a presque triplé en trois ans passant ainsi de 42 à 118 entre 2011 et 2014.