



Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres à l'intervention orale de l'auteur..

Conversion thermodynamique de l'énergie solaire sous concentration

Quentin FALCOZ

Maître de Conférences – Université de Perpignan Via Domitia

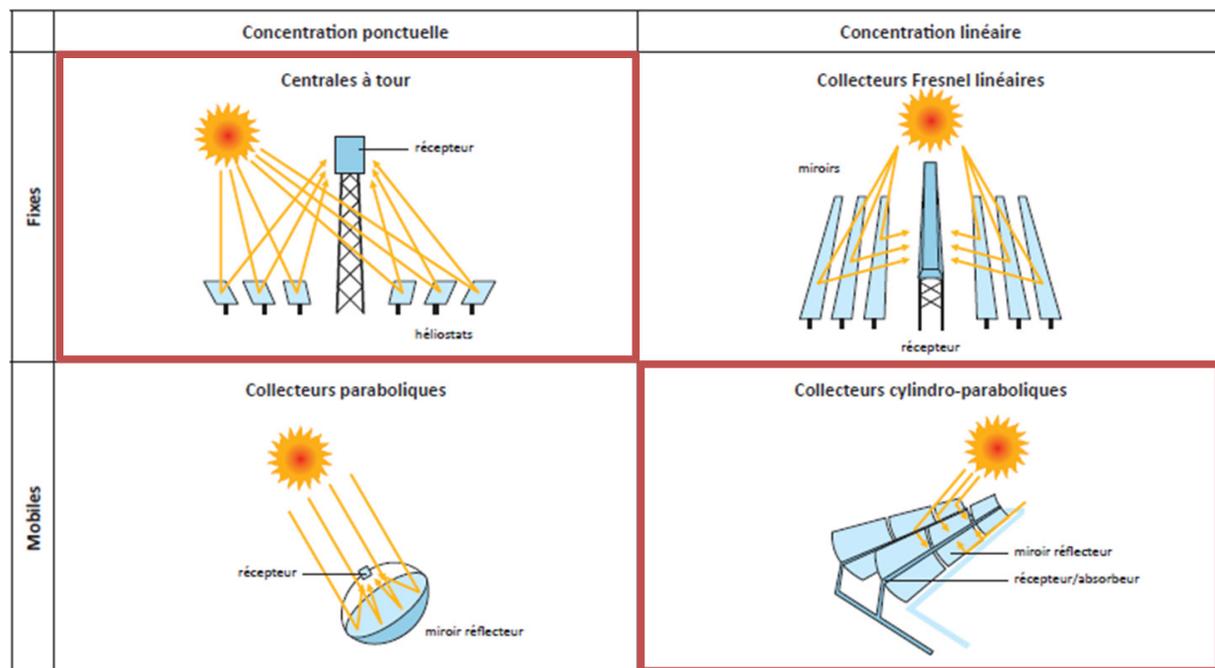
Pour bien comprendre le principe de fonctionnement des centrales solaires à concentration, il faut tout d'abord rappeler comment fonctionne une centrale thermique de production d'électricité.

1. Centrales thermiques traditionnelles

Le principe fondamental d'une centrale thermique traditionnelle 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. Le principe est le suivant : 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 et 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.

2. Centrales solaires

Dans une centrale solaire à concentration, on va utiliser les rayons du soleil. 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 (figure ci-dessous).

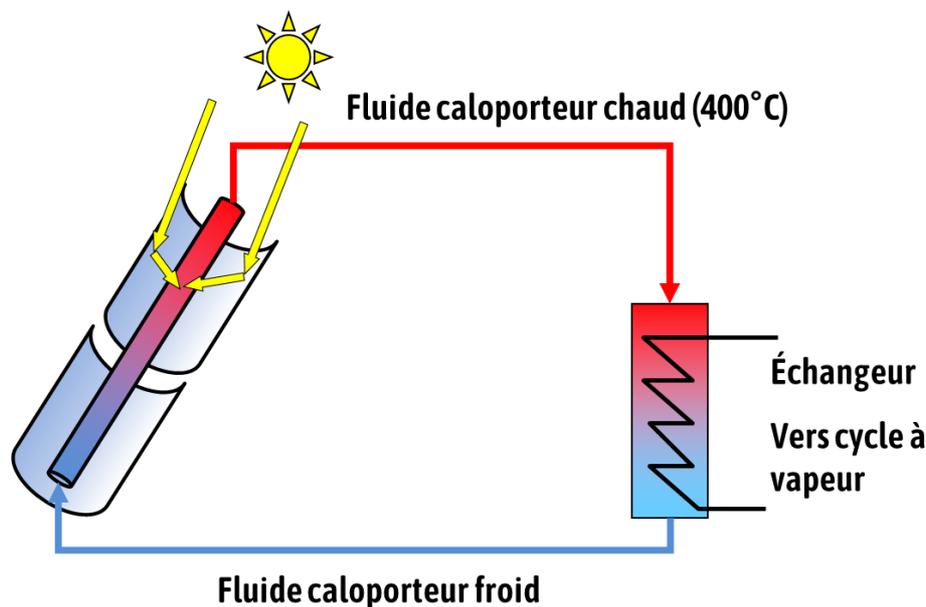


source : AIE

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 et 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 de la manière suivante. 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.

3. Centrales cylindro-paraboliques

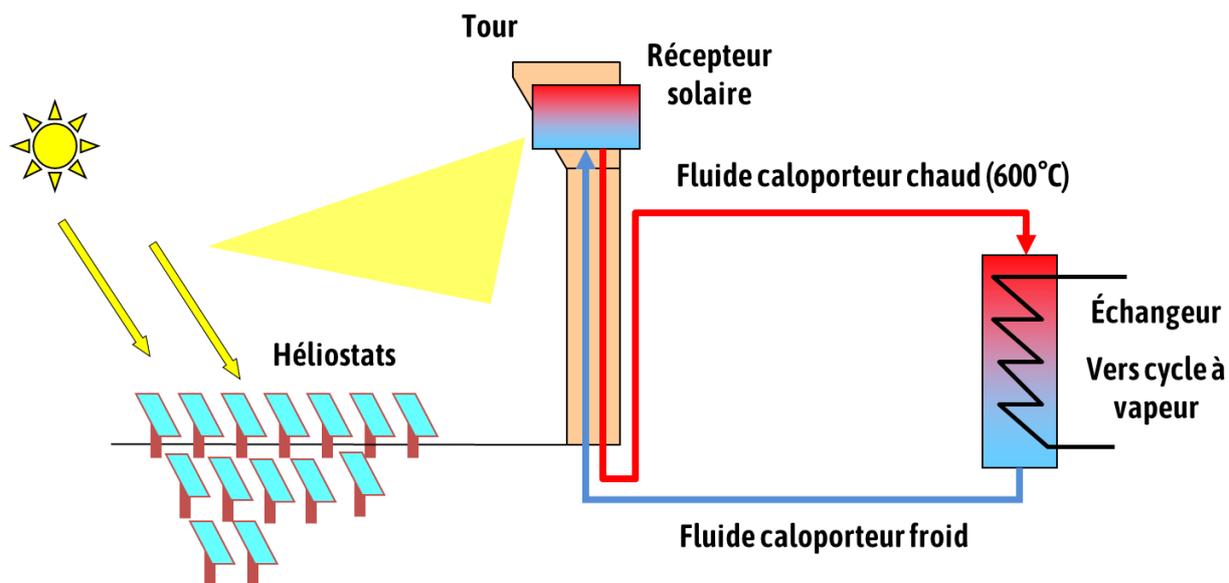
Une centrale cylindro-parabolique est composée d'un réflecteur parabolique qui est en fait un grand miroir en forme de gouttière, d'une structure métallique qui sert à supporter le miroir, d'un tube récepteur et d'un système de poursuite du soleil. Le rôle du système de poursuite du soleil est d'adapter 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 (voir figure ci-dessous).



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.

4. 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 (figure ci-dessous).



5. Déploiement des centrales solaires à concentration

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 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. Cela 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 cette donnée aux sites sur lesquels on trouve effectivement des centrales solaires sur la planète. On s'aperçoit que les sites sur lesquels sont implantées les centrales solaires correspondent effectivement aux zones géographiques où la ressource solaire directe est jugée très bonne. 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.