

**Zeitschrift:** Energeia : Newsletter de l'Office fédéral de l'énergie  
**Herausgeber:** Office fédéral de l'énergie  
**Band:** - (2012)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Du carburant à partir d'eau, de CO et de soleil  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-643831>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Du carburant à partir d'eau, de CO<sub>2</sub> et de soleil

### INTERNET

Laboratoire de technique solaire du PSI:  
<http://solar.web.psi.ch/>

**Photo ci-dessus:**  
*Aperçu de l'intérieur du réacteur après une expérience.*

Des chercheurs de l'Institut Paul Scherrer (PSI) ont développé un prototype de réacteur solaire capable de transformer de l'oxyde de zinc en zinc grâce aux rayons concentrés du soleil. La réalisation de ce prototype constitue une étape essentielle en vue d'une transformation industrielle d'eau et de CO<sub>2</sub> en carburant solaire. Cet été, les chercheurs du PSI iront tester leur prototype unique au monde à Odeillo, dans les Pyrénées françaises, sur un four solaire capable de concentrer jusqu'à 10 000 fois le rayonnement solaire.

Etonnant paradoxe... Alors que le soleil fournit chaque année à notre planète près de 20 000 fois plus d'énergie que nous n'en consommons durant la même période, son utilisation est encore marginale. En Suisse par exemple, l'énergie solaire couvre moins de 0,5% de la consommation énergétique totale. «La difficulté, c'est que le rayonnement solaire atteint la surface de la terre de manière très diluée, qu'il n'est pas disponible en continu et qu'il se répartit de manière inégale à la surface de la terre», explique Anton Meier, responsable suppléant du laboratoire de technique solaire à l'Institut Paul Scherrer (PSI).

Des chercheurs du monde entier étudient sans relâche comment mieux exploiter l'énergie du soleil. Les scientifiques du laboratoire de technique solaire du PSI, œuvrant en étroite collaboration avec ceux de la chaire pour les agents énergétiques renouvelables de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ), misent sur la transformation de l'énergie solaire en énergie chimique. «Les carburants chimiques comme l'hydrogène peuvent être utilisés pour remplacer les carburants fossiles. Ils peuvent être brûlés pour générer de la chaleur, être transformés en électricité par l'intermédiaire d'une turbine ou directement grâce aux piles à combustibles. Les carburants chimiques peuvent en outre être

stockés et transportés facilement», développe Anton Meier.

### Une température de près de 1700°C

Les atouts du stockage chimique de l'énergie solaire sont nombreux. Toutefois, la production à l'échelle industrielle de carburants chimiques solaires, sans passer par le traitement de combustibles fossiles, n'est pas encore réalité. Le chemin le plus direct est la thermolyse de l'eau, soit la dissociation de l'eau en hydrogène et en oxygène à une température supérieure à 2500°C. Le concept est simple mais il manque pour l'heure une solution réalisable pour séparer l'hydrogène de l'oxygène. Or, à ces très hautes températures, le mélange est très explosif.

Pour contourner la difficulté, les chercheurs du PSI travaillent sur un procédé thermochimique cyclique en deux étapes faisant appel à des oxydes métalliques. «Le cycle oxyde de zinc et zinc est un des processus thermochimiques les plus prometteurs pour le stockage de l'énergie solaire», précise Anton Meier. Durant la première étape, l'oxyde de zinc est transformé en zinc et en oxygène à une température d'environ 1700°C. Durant la seconde, le zinc produit grâce au soleil réagit avec de la vapeur d'eau

à une température de quelque 400°C pour former de l'hydrogène moléculaire. Lors de cette étape, le zinc se retrouve en oxyde de zinc et peut ainsi être réutilisé dans la première étape. Le cycle peut ainsi recommencer.

### Vers du carburant de synthèse

«Les deux étapes étant réalisées dans des réacteurs séparés, l'hydrogène et l'oxygène ne sont pas produits en même temps et ne doivent donc pas être dissociés», détaille Anton Meier. Durant la deuxième étape, il est également possible de faire réagir le zinc avec du dioxyde de carbone, le fameux CO<sub>2</sub>, pour obtenir du monoxyde de carbone CO. Le mélange gazeux de monoxyde de carbone et d'hydrogène, également appelé syngas, peut ensuite être transformé en carburant de synthèse comme du méthanol, du diesel ou encore du kérósène, selon le procédé chimique dit de «Fischer-Tropsch». «Au final, on obtient un carburant liquide parfaitement comparable aux carburants fossiles utilisés aujourd'hui. Les mêmes infrastructures peuvent être utilisées», se réjouit Anton Meier.

La principale difficulté concernant ce procédé thermochimique se situe dans la température élevée de 1700°C qu'il faut atteindre avec la seule énergie du soleil lors de la première étape. Pour ce faire, il faut utiliser ce que l'on appelle des concentrateurs solaires, des installations qui concentrent les rayons du soleil en un point, un peu à la manière d'une loupe. Il est ainsi possible d'obtenir des températures supérieures à 2000°C.

### Prototype de réacteur solaire unique au monde

Avec le soutien de l'Office fédéral de l'énergie, les scientifiques du PSI ont développé un prototype de réacteur solaire unique au monde pouvant accueillir la réaction de transformation de l'oxyde de zinc en zinc à de telles températures. Ce prototype, dont la version actuelle est la quatrième génération, fera l'objet d'une deuxième campagne de mesures cet été sur le four solaire de 1 mégawatt d'Odeillo, dans les Pyrénées françaises. «Notre prototype de réacteur solaire, avec une puissance de 100 kilowatts, est dix fois plus puissant que celui de la génération précédente. Nous ne pouvons plus le tester sur le four solaire de 40 kilowatts que nous possédons au PSI», explique Anton Meier.

«Concevoir un tel réacteur solaire est un défi immense tant les températures en jeu sont élevées», poursuit le scientifique du PSI. Si l'enveloppe est en métal, la paroi intérieure a notamment dû être tapissée par un matériau



Le four solaire d'un mégawatt d'Odeillo.

isolant en céramique à base d'oxyde d'aluminium. Une fenêtre de quartz permet au rayonnement concentré du soleil d'atteindre l'intérieur du réacteur. «Cette fenêtre doit en permanence rester propre, explique le chercheur. Nous avons mis au point un système utilisant un flux de gaz, de l'argon, pour éloigner les particules qui tenteraient de s'y agripper.» Une autre difficulté réside dans le fait d'empêcher la recombinaison prématuree du zinc avec l'oxygène pour reformer l'oxyde de zinc de départ. «Du gaz argon froid est utilisé pour faire passer le zinc de sa forme gazeuse dans le réacteur à une forme solide. Dans le cadre d'un travail de doctorat à l'EPFZ, nous étudions comment recycler l'argon, un gaz cher, dans le cadre de ce processus.»

### Charge thermique et mécanique extrême

Ce réacteur solaire de 100 kW avait déjà été testé une première fois à l'été 2011 sur le concentrateur solaire français d'Odeillo. Tous les composants ont été examinés en détail et des données précieuses ont été récoltées, ce qui a finalement permis d'améliorer encore sa conception. «Le réacteur est en rotation permanente pour permettre une répartition régulière de l'oxyde de zinc, précise le chercheur. Ceci induit, outre une charge thermique extrême en raison du rayonnement, une charge mécanique considérable sur le revêtement intérieur du réacteur. Pour pallier aux défauts rencontrés lors des premiers tests, nous avons maintenant remplacé la paroi intérieure du réacteur par une structure autoportante en pierres de céramique.»

L'objectif de la deuxième campagne de mesures cet été en France consiste principalement à vérifier la pertinence du nouveau concept afin de, à moyen terme, mettre au point un premier prototype préindustriel de réacteur solaire. «Nous pensons que le réacteur modifié sera pleinement fonctionnel et souhaitons atteindre un rendement de 10% pour la dissociation de l'oxyde de zinc. Ce serait déjà un record mondial à une telle échelle», explique Anton Meier. A l'avenir, le scientifique vise une performance nettement meilleure encore. Le rendement théorique de la transformation énergétique en deux étapes est de 40%. Cette haute efficacité rend le procédé économiquement intéressant.

### Réacteur solaire industriel d'ici 2020

Dans le cadre de ce projet de recherche, les chercheurs du PSI vont également esquisser un premier concept d'une installation solaire industrielle pour la synthèse du zinc. «Nous ne pourrons pas procéder à un simple scale-up, car le réacteur industriel devrait avoir une puissance de l'ordre de 50 mégawatts, soit 500 fois plus que notre prototype actuel. Nous miserons plutôt sur un concept modulaire, constitué de nombreux petits réacteurs.» Anton Meier pense qu'une installation solaire industrielle à 50 MW pourrait être opérationnelle au début des années 2020. Il faudra donc patienter encore un peu avant de pouvoir transformer l'eau, le CO<sub>2</sub> et le soleil en carburant synthétique. L'enjeu en vaut la chandelle.

(bum)