

POINT FORT

L'eau et le Soleil, la recette gagnante de l'énergie du futur

Le 16^e Colloque Wright pour la science se tient du 10 au 14 novembre. Parmi les invités, le chimiste américain Daniel Nocera parlera de la manière d'utiliser et de stocker l'énergie solaire

La solution au problème mondial de l'énergie est à chercher davantage dans une piscine olympique que dans la construction de nouvelles centrales nucléaires: si l'on pouvait, à l'échelle de la planète, transformer par seconde l'équivalent de toute l'eau (H_2O) contenue dans un tel bassin en molécules séparées d'hydrogène (H_2) et d'oxygène (O_2), on pourrait produire assez de combustible sous forme d'hydrogène pour couvrir trois fois les besoins en énergie de la population mondiale prévus pour 2050.

COMME LES VÉGÉTAUX

Utopie? Ce n'est pas l'avis de Daniel Nocera, professeur au Département de chimie et de biologie chimique à l'Université de Harvard aux Etats-Unis, qui viendra présenter sa vision de l'énergie solaire vendredi 14 novembre à Uni Dufour à l'occasion du 16^e Colloque Wright pour la science consacré aux «Secrets du Soleil» (*lire ci-dessous*). Lui et son groupe travaillent en effet depuis plusieurs années sur le concept de «feuille artificielle».

Basées sur des cellules en silicium couplées à des catalyseurs spéciaux développés (et dont la recette exacte est jalousement gardée secrète) par les chercheurs, celles-ci tentent de mimer le processus de photosynthèse des végétaux. A l'image de ce dont sont capables les plantes, le dispositif, partiellement ou totalement plongé dans de l'eau, absorbe la lumière et la transforme en électricité. Ce courant alimente alors un système d'électrolyse de l'eau qui permet de produire de l'hydrogène, un combustible facile à stocker. Ce dernier peut alors être consommé à la demande dans une pile à combustible et produire à nouveau de l'énergie tout en dégageant, comme déchet, de l'eau pure.

AUTONOMIE DE PRODUCTION

L'avantage du système proposé par Daniel Nocera réside dans le fait qu'il est conçu à partir de matériaux bon marché (à l'achat et à l'entretien) et faciles à utiliser. Il permet de fabriquer de petites unités autonomes de



Une feuille artificielle développée par Daniel Nocera. Photo: DR

production d'hydrogène.

«Cette solution rend possible, pour des milliards de personnes démunies, l'accès à l'énergie solaire», estime Daniel Nocera. Cela permet aussi d'imaginer la mise en place à large échelle d'un système de production d'électricité et de combustible propre totalement décentralisé, évitant ainsi le gaspillage et la pollution engendrée par les gigantesques réseaux actuels de transport d'énergie. Chaque bâtiment pourrait avoir un système d'électrolyse individuel couvrant ses besoins propres en électricité ainsi que ceux des véhicules

électriques des habitants.

Dans un article paru dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences* du 30 septembre, le chercheur américain présente même une variante de son dispositif dont le rendement de conversion de l'énergie solaire en hydrogène est de l'ordre de 10%, ce qui est considéré comme un seuil au-dessus duquel l'électrolyse de l'eau par l'énergie solaire deviendrait économiquement viable.

L'HYDROLYSE COMME SOLUTION

Dans une optique de sortie de la dépendance aux énergies fossiles

(pétrole, charbon et gaz naturel), le chercheur américain estime que sa solution s'impose si l'on veut offrir, d'ici à 2050, de meilleures conditions de vie aux 9,3 milliards d'êtres humains que comptera la population mondiale à cette date. La société mondiale consomme actuellement plus de 12 térawatts (12 000 milliards de joules par seconde) et cette demande pourrait bien dépasser les 16 TW dans trente-cinq ans.

ALTERNATIVE VIABLE

Le nucléaire, l'hydroélectrique, l'éolien, la biomasse, la géothermie ou encore les marées ne pourront assouvir cette boussole qu'en poussant au maximum ces ressources tout en prenant des risques jugés par beaucoup comme inacceptables, notamment en ce qui concerne l'énergie atomique. Seule l'énergie solaire, très abondante, peut offrir une alternative viable. Mais elle n'est pas accessible partout ni tout le temps.

«On ne peut pas faire fonctionner une société seulement quand et là où le Soleil brille», note Daniel Nocera. Il faut donc stocker cette énergie le jour pour pouvoir l'utiliser la nuit ou par temps couvert. Les batteries ne feront jamais l'affaire, estime le chimiste, limitées qu'elles sont par les lois de la physique. L'électrolyse, en revanche, permet d'atteindre l'objectif.

Les secrets du soleil en quatre conférences

LUNDI 10 NOVEMBRE

André Brahic

Université Paris Diderot
Nous, enfants des étoiles

MARDI 11 NOVEMBRE

Art McDonald

Queen's University
Ontario
Voyage au centre de la Terre

JEUDI 13 NOVEMBRE

Gerry Meehl

National Center for
Atmospheric Research,
Boulder, Colorado
*Cycles solaires et
réchauffement climatique*

VENDREDI 14 NOVEMBRE

Daniel Nocera

Harvard University
*De l'énergie solaire pour
les plus démunis*

MERCREDI 12 NOVEMBRE

Réserve aux jeunes
entre 14 et 20 ans, qui
peuvent rencontrer les
conférenciers et visiter
l'Observatoire de l'UNIGE
à Sauverny.

Tous les soirs du 6 au 23

novembre à 17h45, 19h et
20h30, un spectacle son
et lumière est proposé
par la Fondation Wright
dans le parc des Bastions.

Colloque Wright pour la science

Toutes les conférences
ont lieu à Uni Dufour à
18h30
Interprétation
simultanée anglais/
français

www.colloque.ch



Eclipse solaire partielle à Minneapolis, Etats-Unis en mai 2012. Photo: T. Ruen

Le Soleil garde sa part d'ombre

Les colloques Wright 2014 rendent hommage au Soleil, un astre de mieux en mieux connu. Mais qui pourrait révéler encore quelques surprises comme le suggère Georges Meynet, professeur au Département d'astrophysique (Faculté des sciences).

Comment est-on parvenu à comprendre le fonctionnement du Soleil?

Georges Meynet: C'est une longue histoire. On a d'abord cru que c'était un feu, que son cœur était en charbon. Puis certains ont commencé à comprendre que ce mode de combustion ne pouvait être le bon étant donné que le Soleil était sûrement très vieux. Lord Kelvin, un physicien britannique du XIX^e siècle, a conclu à un âge de 30 millions d'années pour le Soleil et la Terre. Des géologues ont ensuite contesté ce chiffre, ayant déterminé que le temps nécessaire à une rivière pour creuser certaines vallées sur Terre était au moins trois fois plus long.

L'observation de la Terre aurait donc contribué à mieux connaître le Soleil?

En partie. Mais c'est surtout en analysant la lumière du Soleil. Au milieu du XIX^e, deux chimistes ont fait progresser la spectroscopie, cette science qui consiste à décomposer la lumière

et à réaliser son spectre. Dans celui du Soleil, on peut observer plusieurs fines raies sombres. Bunsen et Kirchhoff ont compris qu'il s'agissait de raies d'absorption. Les éléments chimiques présents à la surface du Soleil absorbent une partie des particules lumineuses – les photons – qui s'échappent de notre astre. La lumière qui nous parvient est donc tronquée à certains endroits bien précis qui correspondent à la composition chimique du Soleil. Il a fallu ensuite attendre la découverte de la radioactivité, cette capacité qu'ont certains éléments chimiques de transmuter. Finalement, Einstein et son fameux $E=mc^2$ ont apporté une pièce essentielle.

Laquelle?

Cette équation indique une équivalence entre masse et énergie. Quand quatre noyaux d'hydrogène fusionnent, une toute petite partie de leur masse, 7 millièmes, est transformée en énergie. On estime qu'au centre du Soleil, 5 millions de tonnes de matière sont changées en énergie chaque seconde. C'est ce qui lui permet de briller pendant des milliards d'années.

Est-il vrai qu'en observant les bouillonnements qui agitent la surface du Soleil, on peut comprendre sa structure interne?

Tout à fait. On appelle cela l'héliosismologie, la science des tremblements du Soleil. La surface de ce dernier est un peu comme une casserole d'eau sur le feu. La température à la base de son enveloppe est d'environ 1 million de degrés et de 5500 degrés à sa surface. Cette région se caractérise par des mouvements qui permettent à la chaleur de s'évacuer. Ils créent des tremblements en surface. En observant tous les types de tremblements, on a compris les différentes structures de cette énorme boule faite d'un gaz incandescent appelé plasma.

Qu'ignore-t-on encore sur le Soleil?

Il est vrai qu'il est désormais un compagnon bien connu. Mais il garde certains secrets. En 2005, on a par exemple découvert que ses couches superficielles contenaient deux fois moins d'oxygène que ce que l'on pensait jusqu'ici.

Et qu'est-ce que cela signifie?

Les deux éléments principaux qui composent les étoiles et alimentent leurs réactions nucléaires, l'hydrogène et l'hélium, ont été créés lors du Big Bang. Tous les éléments chimiques suivants ont été créés dans le cœur des étoiles, par différentes vagues de fusion nucléaire et lors de l'explosion des étoiles les plus massives. L'oxygène est l'un des

éléments lourds fabriqués dans le cœur des étoiles. Or, jusqu'en 2005, on croyait que la surface du Soleil en contenait plus que ses étoiles voisines. On a donc émis l'hypothèse que le système solaire s'est formé à un endroit plus intérieur de la galaxie, où l'enrichissement en oxygène a été plus rapide, avant de dériver vers l'extérieur. Avec la découverte de 2005, cette hypothèse de la migration n'est plus nécessaire. Le Soleil est pareil à ses voisines. Mais cette controverse est loin d'êtreclose.

Le Soleil est intimement lié au maintien de la vie sur Terre. Sait-on précisément combien de temps il continuera à remplir cette fonction?

Notre étoile appartient à la classe des naines jaunes dont on sait qu'elles ont une durée de vie d'un peu plus de 10 milliards d'années. Elle est à moins de la moitié de sa vie. Dans 8-9 milliards d'années, elle sera une géante rouge dont le rayon sera équivalent à plus de 100 fois son rayon actuel.

Et cette géante avalera la Terre?

C'est possible. A moins qu'en perdant de la masse dans son gonflement, le Soleil ne desserre son emprise gravitationnelle sur la Terre et lui permette de s'éloigner. Restera-t-il des êtres humains pour l'observer? Rien n'est moins sûr. ■