

**Zeitschrift:** Energeia : Newsletter de l'Office fédéral de l'énergie  
**Herausgeber:** Office fédéral de l'énergie  
**Band:** - (2006)  
**Heft:** 6

**Artikel:** L'énergie en grande pompe à l'EPFL  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-644113>

#### 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:** 08.02.2026

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



# L'énergie en grande pompe à l'EPFL

## INTERNET

Laboratoire d'électronique industrielle:  
<http://lei.epfl.ch>

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne:  
<http://www.epfl.ch>

A l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, le professeur Alfred Rufer et son équipe travaillent sur le stockage d'énergie par compression d'air. Bien que le principe ait été breveté en 1812 déjà, son développement a longtemps souffert de la concurrence des solutions électrochimiques. Les préoccupations environnementales actuelles pourraient lui donner une nouvelle chance.

S'ils ne sont pas les seuls dans leur domaine, ils figurent assurément parmi les plus reconnus. Sur plus de 600 articles scientifiques présentés à l'occasion de la 12<sup>e</sup> Conférence internationale sur l'électronique de puissance et le contrôle des mouvements (EPE-PEMC 2006) qui s'est déroulée du 30 août au 1<sup>er</sup> septembre 2006 à Portoroz en Slovénie, celui signé du professeur Alfred Rufer et de son collaborateur Sylvain Lemofouet-Gatsi a reçu le prix de la meilleure contribution. Intitulé «Efficiency Considerations and Measurements of a Hybrid Energy Storage System based on Compressed Air and Super Capacitors», le papier en question porte sur les derniers développements des systèmes lausannois de stockage d'énergie par compression d'air.

«La scène énergétique mondiale entre dans une période propice au développement des systèmes de stockage d'énergie», analyse Alfred Rufer, directeur du Laboratoire d'électronique industrielle à l'Institut des Sciences de l'énergie de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). «Premièrement, il y a le recours croissant aux énergies renouvelables pour faire face à l'approvisionnement énergétique mondial et à nos problèmes environnementaux.» De nature aléatoire, ces sources d'énergie, notamment solaires et éoliennes, doivent impérativement être liées à un système de stockage pour une utilisation efficace et économiquement viable.

## Comme dans les stations de pompage-turbinage

«Deuxièmement, il y a l'arrivée du concept de production décentralisée. L'effet de foisonne-

ment des charges qui rend imperceptible l'enclenchement de 2MW à 10km de la centrale nucléaire de Leibstadt n'est plus valable dans un système décentralisé.» Du stockage doit alors être installé du côté de la charge pour faire en sorte que le générateur de petite taille ne voie plus les variations rapides. «Il s'agit de lisser la demande par rapport à une production qu'on essaie de maintenir constante.»

Les chercheurs lausannois ne s'intéressent pas prioritairement aux solutions électrochimiques pour réaliser le stockage. «Nous souhaitons renoncer à ces solutions problématiques, notamment en raison d'une durée de vie limitée, pour aller en direction d'un système physique réversible et propre.» Ils travaillent sur une solution de stockage sous forme d'énergie mécanique dite «potentielle»: le stockage par air comprimé. Le stockage opéré dans les centrales hydrauliques à pompage-turbinage en faisant remonter de l'eau vers un bassin supérieur est de même type.

## Comment ça marche?

De l'électricité, ou une autre forme d'énergie, est employée pour comprimer de l'air. Celui-ci est ensuite stocké de façon géologique, dans une caverne, ou dans un dispositif artificiel comme une bonbonne. Lorsqu'il y a une demande en électricité, l'air comprimé est utilisé pour faire tourner une turbine, couplée à un alternateur, et ainsi produire du courant.

Existe-t-il déjà de tels systèmes? «Oui, nous apprend le chercheur de l'EPFL. L'une des plus anciennes installations se trouve dans l'usine de

Hundorf, près de Brême, en Allemagne». L'air est stocké à 70 bars dans deux cavernes naturelles d'une contenance de 310 000 m<sup>3</sup>. La puissance électrique est de 290MW. «Le problème est qu'il faut faire monter la température dans la turbine à plus de 800°C par combustion de gaz. Ce n'est pas un vrai système de stockage. En outre, une caverne ne permet pas d'obtenir une pression aussi élevée que dans des enceintes en acier.»

### **Imiter les batteries**

«Dans notre système, nous cherchons à imiter les batteries. Nous voulons stocker puis produire de l'électricité sans consommer de gaz», explique le professeur lausannois. Pour cela, il convient de maîtriser à l'aide de l'électronique moderne les principes de la thermodynamique développés au 19<sup>e</sup> siècle.

Alfred Rufer en explique le fonctionnement dans les grandes lignes: «L'électricité que l'on veut stocker est utilisée pour comprimer de l'air. Pour obtenir facilement une pression élevée avec un bon rendement énergétique, on utilise une

hybride qui combine le stockage par air comprimé avec un stockage au moyen de supercondensateurs, reprend Alfred Rufer. Ces supercondensateurs servent de stockeur auxiliaire et jouent le rôle de filtre et de transformateur de niveau de puissance».

### **Dispositif de démonstration**

Les scientifiques lausannois ont construit une installation de démonstration dans leur laboratoire. Quel est son rendement? «Il faut toujours faire très attention lorsqu'on parle de rendement. Pour construire notre dispositif, nous avons dû nous servir d'éléments déjà existants sur le marché. La pompe était par exemple trop puissante par rapport à la capacité du réservoir, ce qui ne permettait pas de respecter des conditions isothermiques parfaites. Introduire un grand nombre de conversions avec des circuits d'électronique de puissance non optimisés amène aussi à une dégradation du rendement énergétique». Pour vraiment contribuer à l'avenir énergétique il faudra bien choisir entre l'utilisation à très bas rendement de ressources non-renouvelables et

**«LA SCÈNE ÉNERGÉTIQUE MONDIALE ENTRE DANS UNE PÉRIODE PROPICE AU DÉVELOPPEMENT DES SYSTÈMES DE STOCKAGE D'ÉNERGIE», ALFRED RUFER, DIRECTEUR DU LABORATOIRE D'ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE À L'INSTITUT DES SCIENCES DE L'ÉNERGIE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE.**

pompe/moteur hydraulique, afin de générer la variation de volume pour la compression de l'air. La chaleur issue du travail fourni par la compression est ensuite exportée vers l'extérieur, ce qui peut nous faire dire que l'énergie est stockée dans l'atmosphère. Pour la récupérer, on opère une détente de l'air aussi isotherme que possible. La pression est ainsi relâchée alors que la température du gaz reste stable. Un potentiel est présent sous forme de différence de pression entre l'atmosphère et l'enceinte de stockage. Pour un bon rendement énergétique, il faut veiller à réimporter la chaleur à partir de l'atmosphère à la même vitesse que celle-ci a été exportée.»

### **Traquer l'efficacité maximale**

Pour améliorer ce système thermodynamique, les chercheurs lausannois proposent une méthode originale: «Avec la pression qui varie, nous avons constaté qu'il est nécessaire de faire varier la vitesse d'entraînement de la pompe pour être au point de rendement maximal». Dans le jargon scientifique, on parle du principe de «MEPT, Maximum Efficiency Point Tracking». «A une pression de 350 bar, on peut ainsi faire fonctionner la pompe à un rendement de 95%..» Seulement voilà, ce rendement maximal impose un niveau de puissance particulier. Pour une utilisation quotidienne ou pour un raccord avec des panneaux photovoltaïques qui ne livrent pas à chaque instant la même puissance, c'est fâcheux. «C'est la raison pour laquelle nous avons développé un système

le stockage à rendement moyennement bon d'énergie renouvelable.

Et qu'en est-il du domaine d'application? Fonctionnant selon un principe comparable, la compression d'air viendra-t-elle concurrencer les centrales de pompage? «En aucun cas, reprend le scientifique. Il faut rester réaliste et viser un domaine où les puissances sont plus modérées. Par exemple le photovoltaïque domestique avec une puissance entre 3 et 10kW.»

### **Moins onéreux que les accus au plomb**

Pour le compte d'un groupe de recherche du géant français EDF, l'équipe lausannoise a mené une étude visant à comparer les performances de leur dispositif avec des accumulateurs au plomb. «Le scénario était donné. A partir de 60kWh à stocker, un système hydropneumatique en cycle de gaz ouvert s'avère moins coûteux que des accumulateurs, si on tient compte du fait qu'il faut remplacer ces derniers plusieurs fois pour atteindre la même longévité» se réjouit Alfred Rufer.

A quand la commercialisation? «Nous avons déjà des contacts avec le privé mais c'est encore trop tôt pour en dire davantage. De manière générale, le problème est que tant que l'énergie sera si bon marché et que les préoccupations environnementales ne seront pas prioritaires, alors il ne se passera pas grand-chose».

## **L'EPFL et la recherche énergétique**

Vouloir présenter l'ensemble de la recherche énergétique menée à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) dans un unique entrefilet est presque aussi audacieux que de tenter l'ascension de l'Everest en petits souliers.

De longue date, l'EPFL poursuit des recherches et dispense des enseignements en rapport avec l'énergie. Une vingtaine de chaires des Facultés Sciences de Base (SB), Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI) ainsi que celle de l'Environnement Naturel, Architectural et Construit (ENAC) sont actives dans ce domaine.

Parmi les éléments différentiateurs de la recherche en énergie à l'EPFL il convient de citer la fusion nucléaire au CRPP, le laboratoire de machines hydrauliques, les activités de conception et analyse de systèmes d'énergie intégrant plusieurs technologies, les technologies de stockage de l'énergie ainsi que les activités liées au technologies du bâtiment au niveau énergie.

Face aux défis actuels, la direction de l'EPFL a décidé de développer son effort en créant un Centre de l'énergie interdisciplinaire. Ces activités ont démarré officiellement le 1er avril 2006 avec la nomination de Hans Björn Püttgen en tant que ordinaire de Gestion des Systèmes Energétiques et Directeur du nouveau Energy Center.

Parmi les principaux objectifs du Energy Center il faut noter:

- La mise en place d'une stratégie au niveau de la R&D en énergie pour l'ensemble de l'EPFL.
- Le lancement et la coordination de projets interdisciplinaires et inter-Facultés touchant à l'énergie.
- Une meilleure visibilité de la R&D en énergie vers le monde industriel ainsi que vers les instances publiques.
- L'intégration des activités liées à l'énergie au sein de divers réseaux en Suisse, en Europe et de par le monde.
- La mise en place d'une politique de communication au niveau de l'EPFL autour du thème de l'énergie.
- La mise en place de formations dans le domaine de l'énergie, tant au sein de cursus déjà existants sur le campus que par le biais de programmes de formation continues.

(bum)