



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

# Projet

Matériaux pour les batteries du futur





## Matériaux pour les batteries du futur

L'électricité générée à partir de sources renouvelables telles que l'énergie solaire ou éolienne est produite de manière irrégulière en fonction des conditions météorologiques. Des systèmes de batteries de stockage sont de plus en plus utilisés pour garantir la stabilité du réseau électrique. Des scientifiques ont maintenant cherché à améliorer le stockage d'énergie de ces systèmes, tout en maintenant la taille de ces batteries. Une solution réside dans l'utilisation de batteries métal-air, dont la rechargeabilité nécessite cependant de nouveaux matériaux tels que des membranes sélectives constituées de disulfure de molybdène, et des liquides ioniques à base d'éther couronne pour les électrolytes.



La production décentralisée d'énergie solaire ou éolienne nécessite des capacités de stockage locales dans des batteries stationnaires. De nouveaux contributeurs à optimiser ce stockage. *Source* : undefined





## En un coup d'œil

### Augmentation de la densité énergétique

- Les systèmes de stockage métal-air, et les batteries lithium-air en particulier, ont théoriquement une densité énergétique 10 à 30 fois supérieure à celle des batteries lithium-ion rechargeables classiques.

### Piles métal-air rechargeables

- Les piles métal-air actuellement disponibles sur le marché ne sont pas rechargeables - ce projet de recherche sert de fondement pour le développement d'un système de stockage d'énergie rechargeable et de grande capacité.

### Matériau prometteur

- Pour la construction de nouvelles batteries plus puissantes, un nouveau type de matériau à base de disulfure de molybdène semble particulièrement prometteur.

### Nouveaux additifs pour les électrolytes

- De nouveaux liquides ioniques à base d'éthers couronne perfectionnent les électrolytes disponibles sur le marché et permettent de recharger les batteries lithium-air.



Les batteries métal-air permettent de stocker de grandes quantités d'électricité dans un espace réduit. Les piles zinc-air, par exemple, sont utilisées dans les appareils auditifs en raison de leur haute densité énergétique. Cependant, ces batteries métal-air ne sont pas encore rechargeables, contrairement, par exemple, aux batteries lithium-ion largement utilisées dans les téléphones portables et autres appareils. L'utilisation du lithium constitue un défi particulier, car ce métal doit être conservé à l'abri de l'oxygène ; défi qui en vaut la peine, puisque la capacité de stockage du lithium est supérieure à celle de tous les autres métaux.

Dans le cadre de ce projet, les chercheurs sont parvenus à développer de nouveaux liquides ioniques à base d'éthers couronne pouvant servir d'additifs électrolytiques pour la charge et la décharge réversible d'une batterie lithium-air. Les éthers couronne sont des molécules en forme d'anneau, au centre desquelles peuvent être transportés des ions de lithium. Sous forme de liquides ioniques, ils sont difficilement inflammables et peuvent être manipulés en toute sécurité, contrairement aux électrolytes conventionnels. Les chercheurs ont également conçu de nouvelles membranes en bisulfure de molybdène pouvant être utilisées du côté cathode de la batterie pour l'alimentation sélective en oxygène. Ces membranes sont stables, même à pH élevé, et ne s'obstruent pas pendant le processus de chargement et de déchargement. Au moyen de ces composants, les scientifiques ont construit en laboratoire un prototype fonctionnel rechargeable.

Ainsi pourra être mise au point une nouvelle génération de batteries lithium-air et lithium-eau sûres et rechargeables, présentant une densité énergétique plus élevée et convenant comme système de stockage autosuffisant.

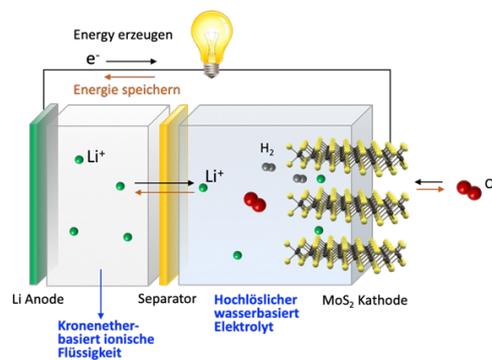
## Densité énergétique proche de celle de l'essence

Ces nouveaux types de batteries ont une densité énergétique théorique de 5 à 12 kilowattheures (kWh) par kilogramme de poids net, donc 10 à 30 fois supérieur aux systèmes de stockage d'énergie rechargeables classiques qui atteignent environ 0,4 kWh par kilogramme. Ainsi, les valeurs des nouvelles batteries lithium-métal se rapprochent de celles de l'essence, qui stocke 13 kWh par kilogramme. Elles affichent en outre une densité énergétique spécifique plus élevée (3800 Ah/kg) que d'autres batteries métal-air (zinc : 820 Ah/kg ; aluminium : 2900 Ah/kg). Cependant, il est difficile de rendre ces systèmes rechargeables et de les faire fonctionner en toute sécurité. De plus, des problèmes techniques, notamment un blocage de la membrane, peuvent survenir à des pH extrêmes.

## Electrolyte performant et sûr

Grâce à leurs propriétés, les nouveaux liquides ioniques à base d'éther couronne améliorent les électrolytes disponibles sur le marché. Ils assurent un nombre de transfert de cations ( $>0.5$ ) plus élevé que les électrolytes commerciaux utilisés seuls (0.3–0.4). Le nombre de transfert de cations représente la part du courant cationique dans le courant électrique total. L'objectif visé est une valeur aussi proche que possible de 1, car plus ce nombre est proche de 1, plus la densité énergétique est élevée.

Les propriétés de ces électrolytes à base d'éthers couronne (conductivité ionique élevée, stabilité thermique et chimique élevée, inflammabilité et bonne stabilité électrochimique) promettent une meilleure sécurité. Les nouveaux électrolytes n'engendrent apparemment pas d'encrassement des minuscules pores de la cathode, de sorte que les ions peuvent passer sans encombre et permettre une réaction redox réversible (moyennant de l'oxygène atmosphérique).



Représentation schématique d'une batterie air-métal.

## Membrane polyvalente pour une large gamme d'applications

Suite à une étude systématique de la membrane lamellaire au bisulfure de molybdène, les chercheurs comprennent maintenant l'excellente stabilité du matériau, même dans des conditions extrêmes telles un pH fortement alcalin. Il s'avère donc que le matériau peut être utilisé dans des solutions électrolytiques sur une large plage de valeurs pH.

Grâce à l'activité catalytique encourageante du disulfure de molybdène, une tension d'alimentation stable supérieure à 2,2 volts pendant plus de 2,5 jours a pu être obtenue. Ainsi, ce nouveau matériau semble prometteur pour la construction d'une série de nouveaux systèmes de conversion et de stockage d'énergie.



## Vaste gamme d'applications

Les nouveaux systèmes de batteries rechargeables sont avant tout destinés à des applications stationnaires dans des zones résidentielles ou isolées, pour le stockage de l'énergie excédentaire et une restitution en période de forte demande. Ces systèmes stabilisent ainsi le réseau électrique et contribuent à la réalisation des objectifs de la Stratégie énergétique 2050.

Ces batteries pourraient également être perfectionnées et servir de batteries rechargeables mobiles pour les véhicules électriques, domaine requérant également une densité d'énergie élevée. Toutefois, les nouvelles batteries ne sont encore disponibles qu'en laboratoire. La production en série nécessiterait la mise au point d'un procédé simple de fabrication de la membrane en bisulfure de molybdène, sans additifs ni épaississants.

Grâce à leur stabilité éprouvée dans un environnement aqueux rude, les lamelles de bisulfure de molybdène sont susceptibles d'être utilisées avec une multitude d'électrolytes présents dans les systèmes de conversion et de stockage d'énergie. Grâce à leur structure ajustable, les liquides ioniques nouvellement développés peuvent en outre être utilisés dans un grand nombre de batteries alcali-métalliques, au prix modifications minimales. En raison de leur conductivité ionique  $\text{Li}^+$  élevée et de leur bonne stabilité électrochimique, ils seront potentiellement utilisables non seulement dans des batteries lithium-oxygène, mais aussi dans des batteries lithium-ion modernes.

Finalement, la construction réussie d'une batterie lithium-eau pourrait conduire à un système d'approvisionnement en énergie et hydrogène.



## Produkte aus diesem Projekt

- Interview auf RTS  
Date de publication: 05.08.16
- Kick-off Poster  
Date de publication: 30.11.-1
- Nanoparticle shapes ...  
Date de publication: 30.11.-1



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

## Team & Kontakt

Prof. Katharina Fromm

Universität Freiburg

PER 10 bu. 114

Ch. du Musée 9

1700 Fribourg

+41 26 300 87 32

[katharina.fromm@unifr.ch](mailto:katharina.fromm@unifr.ch)



Katharina M. Fromm

Projektleiterin



Hyung Gyu Park

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au 10.05.2019.