

COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

Chaire Innovation technologique  
Liliane Bettencourt 2021-2022  
*Énergie solaire photovoltaïque et transition énergétique*  
Daniel Lincot



Reconnue d'utilité publique depuis 1987

# L'hydrogène par électrolyse de l'eau

Loïc ASSAUD

Maître de Conférences - HDR, Université Paris-Saclay

Directeur de l'Institut de l'Énergie Soutenable de l'Université Paris-Saclay

COLLOQUE — 21 avril 2022

Énergie solaire  
et société

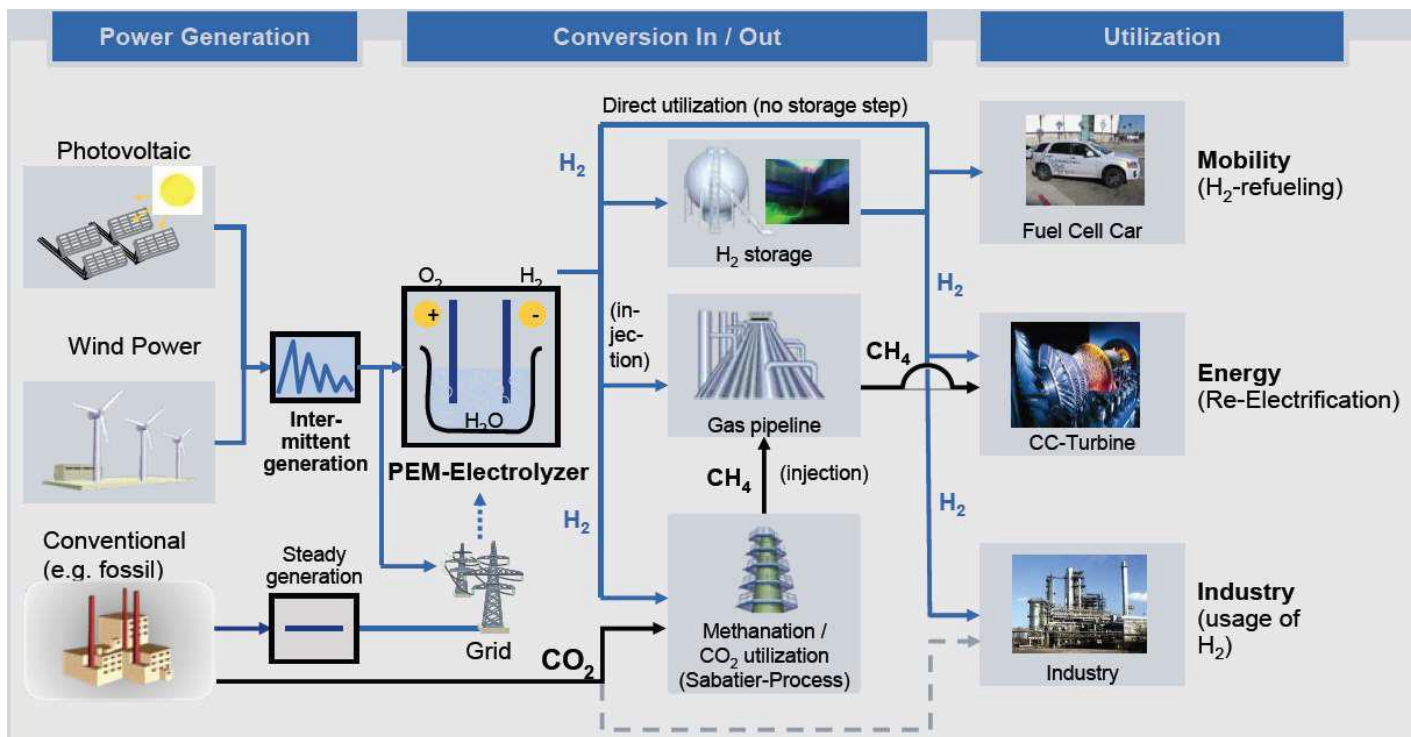
université  
PARIS-SACLAY



INSTITUT DE  
L'ÉNERGIE  
SOUTENABLE

université  
PARIS-SACLAY

## L'hydrogène, vecteur énergétique



Siemens Co.

### Efficacité

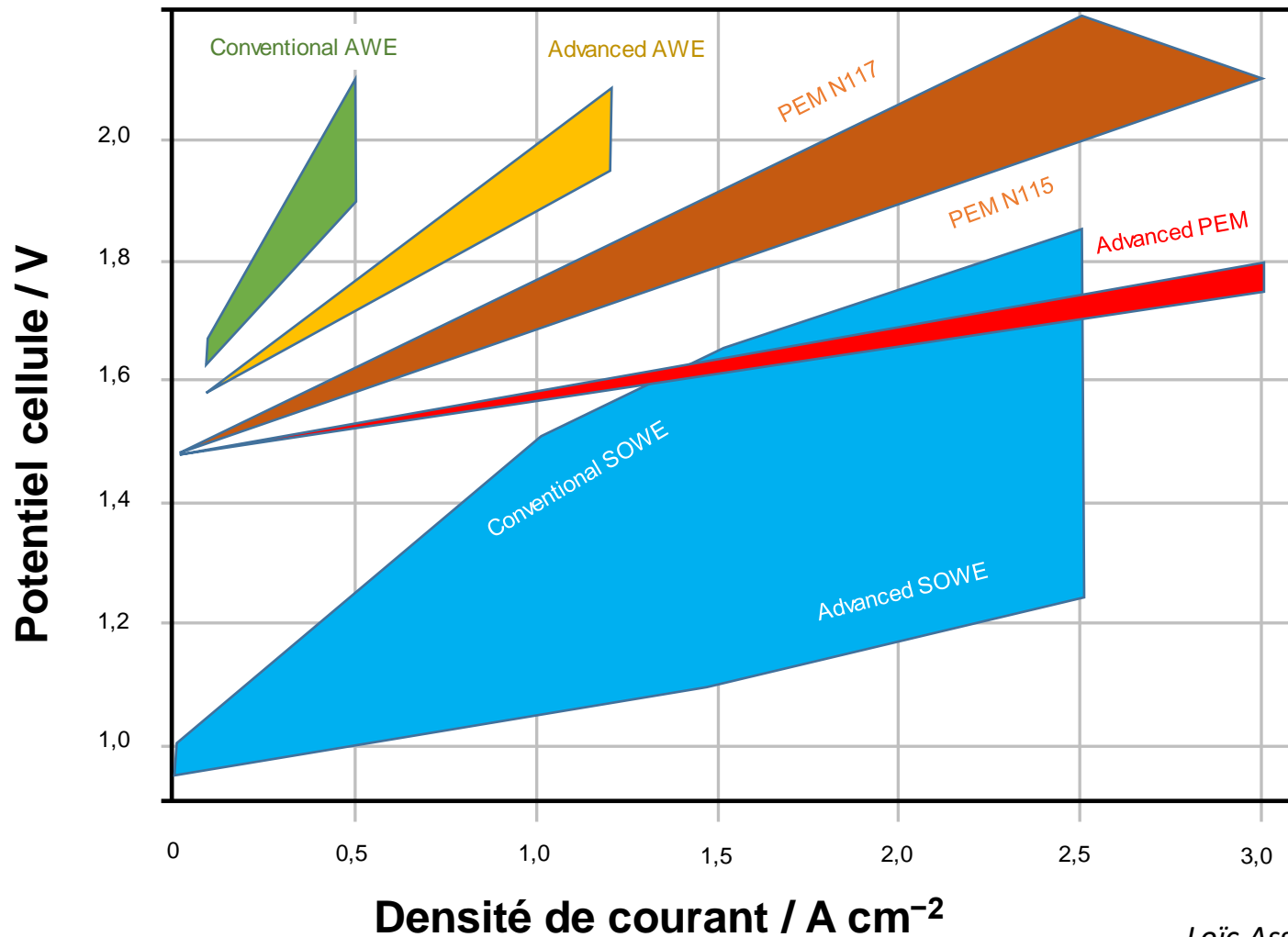
**Electricité => Energie chimique**  
≈ 80-90%

**Energie chimique => Electricité**  
≈ 50-70%

**Efficacité sur le cycle**  
≈ 40-65%

**Production – Stockage – Transport – Distribution**

## Les différentes technologies d'électrolyse



- **Electrolyse alcaline (AWE)**
- **Electrolyse sur membrane échangeuse de protons (PEM)**
- **Electrolyse sur oxyde solide (SOWE)**

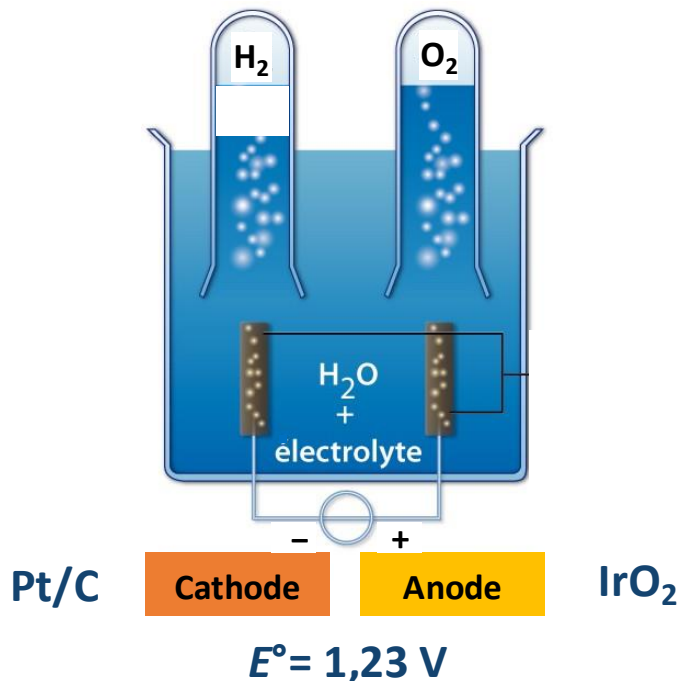
600 kW – PEM stack



Elogen Co.



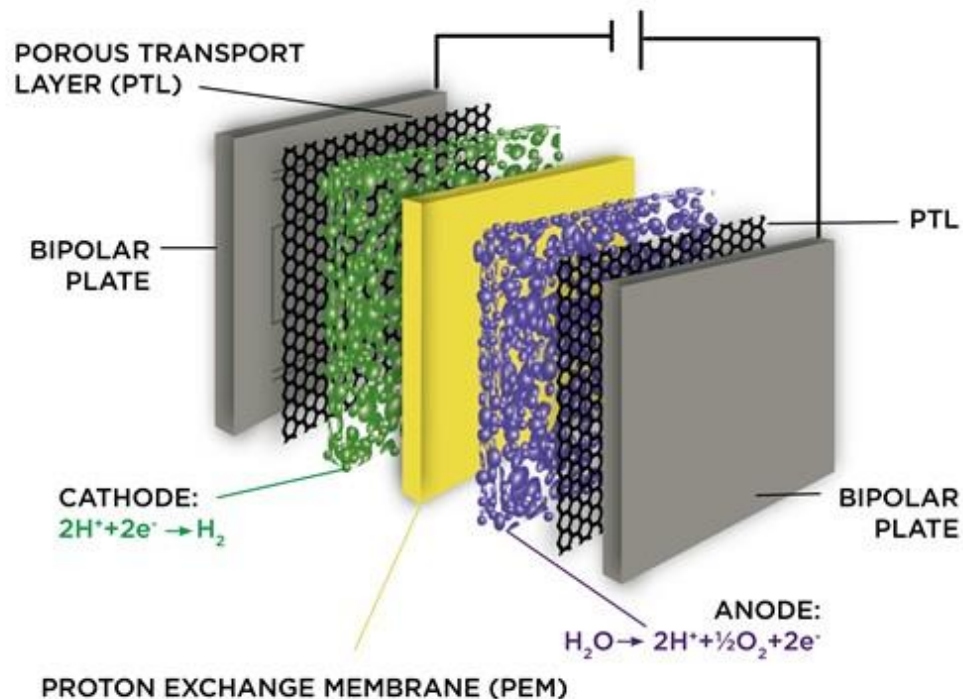
## Quelques rappels d'électrochimie, électrolyse de l'eau



Réaction de dégagement d'hydrogène (HER)



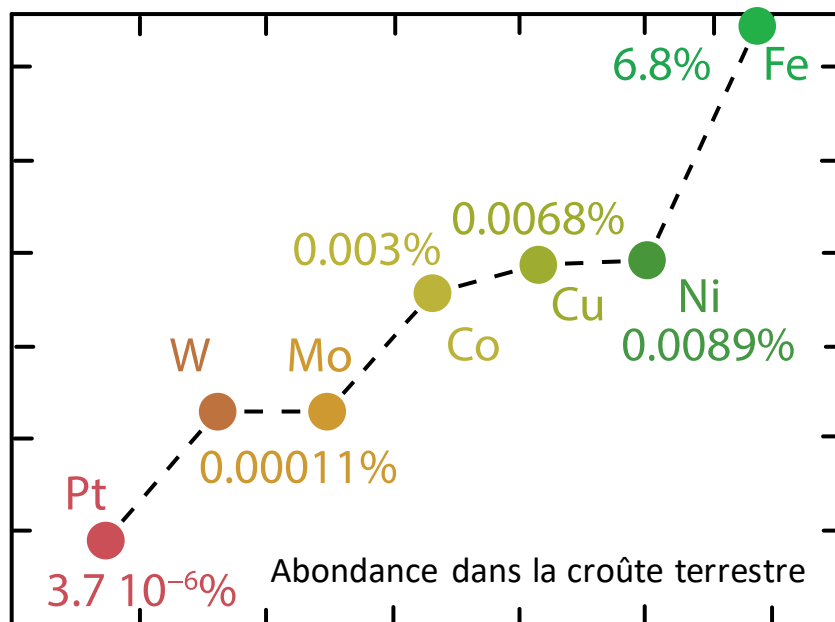
Réaction de dégagement d'oxygène (OER)



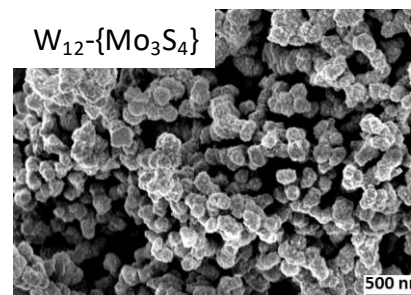
D'après tfpH<sub>2</sub>

# L'hydrogène par électrolyse de l'eau

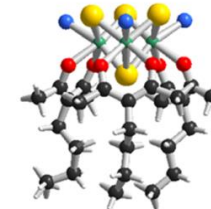
*Besoin de matériaux abondants, peu onéreux, stables, durables et performants*



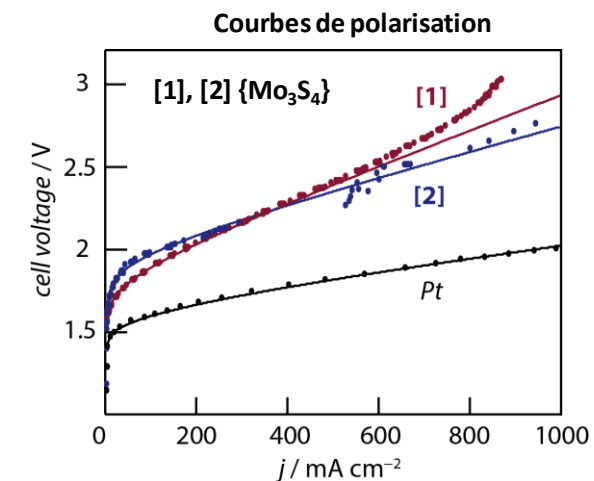
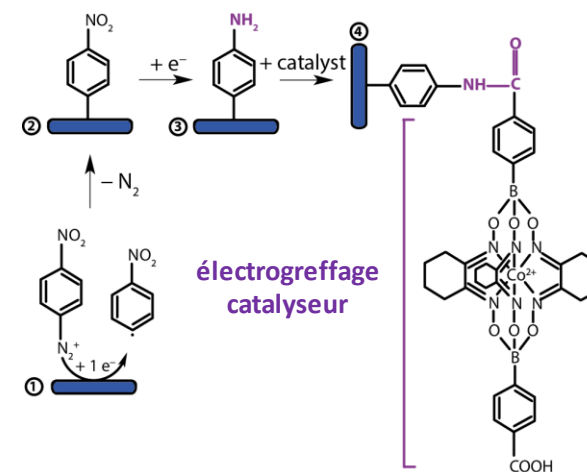
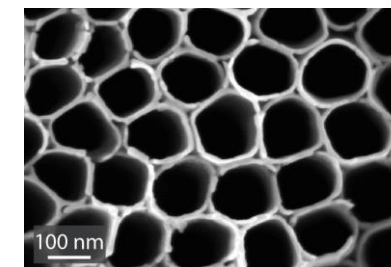
adapté d'après Y. Zhang *et al*, Chem. Soc. Rev., 2015, 44, 5148



Complexe moléculaire



Nanotubes métaux de transition



**Design de nouveaux matériaux et/ou optimisation des matériaux déjà existants**



# L'hydrogène par électrolyse de l'eau

## Production de H<sub>2</sub> par électrolyse et coût associé

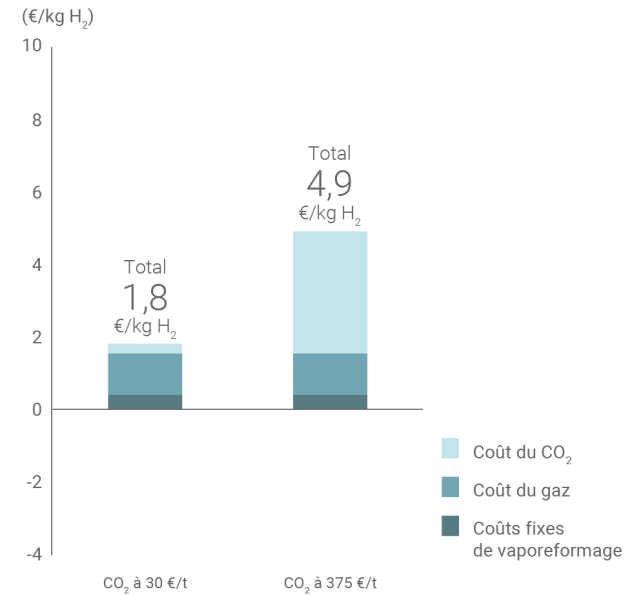
**2022: 1,3 GW => 2031: 104 GW**

Rapport Guidehouse Insights, 2022

### Hydrogène Comparaison des coûts collectifs du vaporeformage et de l'électrolyse

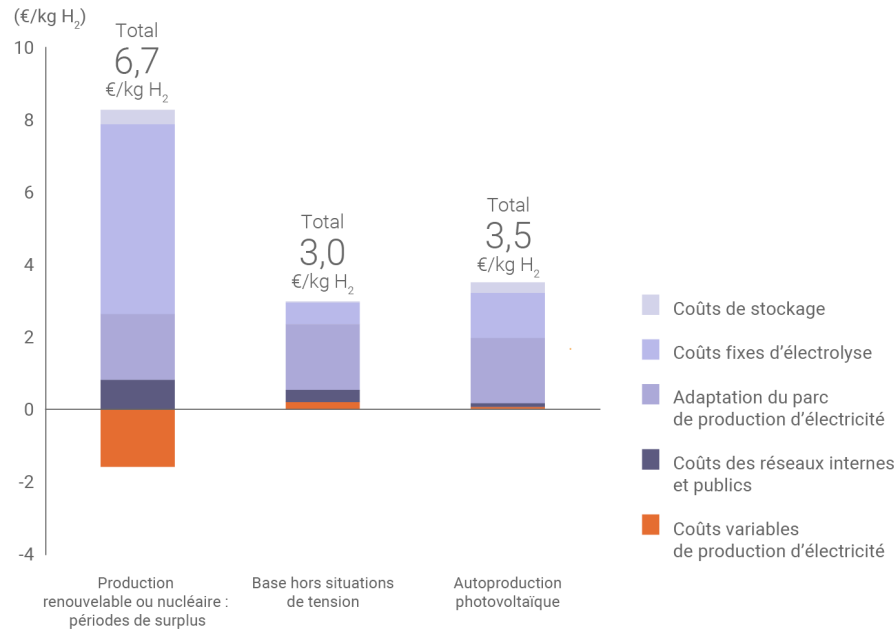
#### Vaporeformage

Le coût collectif du vaporeformage :  
- l'investissement dans les vaporeformeurs  
- le coût du gaz



#### Électrolyse

Le coût collectif de l'hydrogène par électrolyse :  
- l'investissement dans les électrolyseurs et le stockage  
- le coût de production et d'acheminement de l'électricité



Conditions d'approvisionnement en électricité des électrolyseurs

**Coût électrolyseur: 1000€/kW – 2000 h – 20 ans – Opex = 2% => 2,75€/kg**

**55 kWh => 1 kg H<sub>2</sub>; Coût électricité: 50€/MWh => 2,75€/kg**

**Coût total: 5,5€/kg**

Extrait France Hydrogène

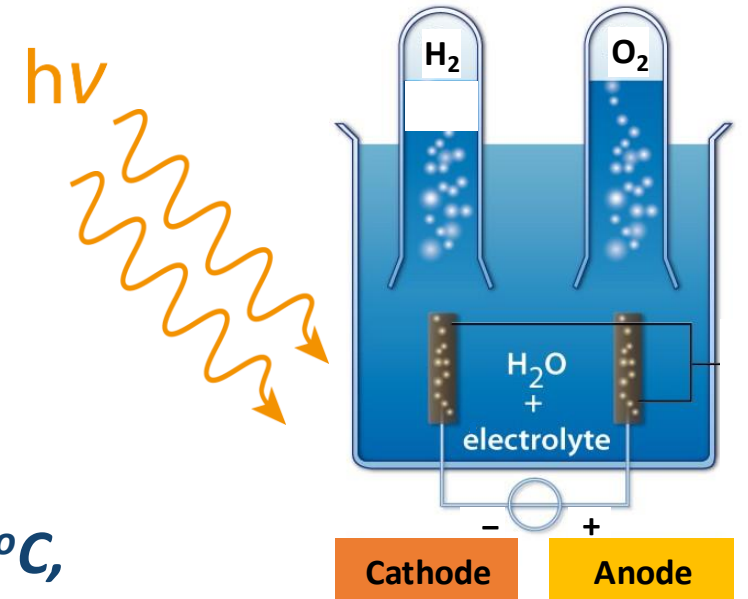
**(H<sub>2</sub> produit par vaporeformage de CH<sub>4</sub>: ≈ 2€/kg)**

Source : RTE, rapport La transition vers un hydrogène bas carbone Atouts et enjeux pour le système électrique à l'horizon 2030-2035, janvier 2020.



## Conclusions

- 3 technologies d'électrolyse: **SOWE, AWE, PEMWE**
- **AWE** est mature et moins coûteuse, mais fonctionne à faibles densités de courant
- Développement croissant de la technologie **PEMWE**
- **SOWE** démontre une bonne efficacité en opérant à 700°C, mais nécessite un CAPEX additionnel et une moindre flexibilité en termes de température
- **AEMWE** (Anion-Exchange Membrane) pourrait combiner les avantages de l'AWE et de la PEMWE.



Vers la photoélectrolyse  
de l'eau?



# L'hydrogène par électrolyse de l'eau

*Merci de votre attention*