

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

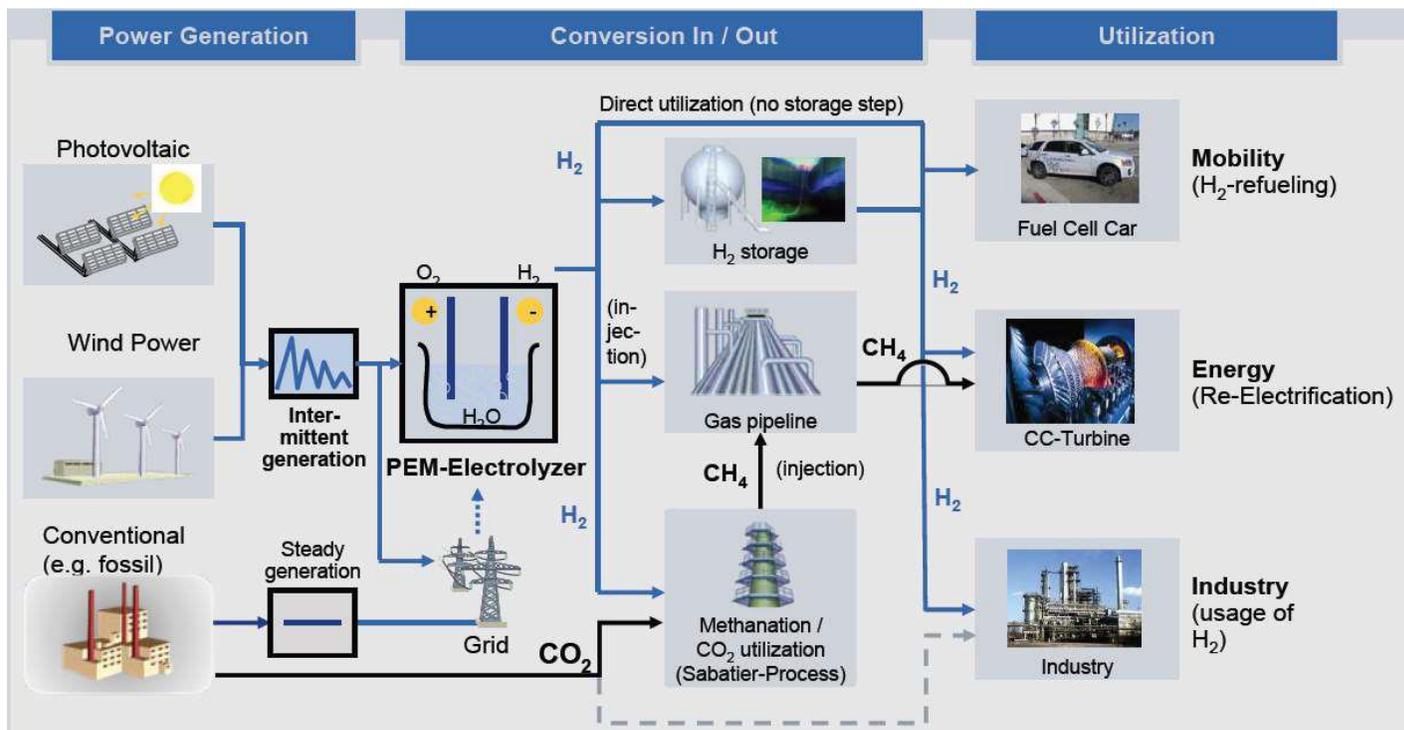
université
PARIS-SACLAY



INSTITUT DE
L'ÉNERGIE
SOUTENABLE

université
PARIS-SACLAY

L'hydrogène, vecteur énergétique



Siemens Co.

Efficacité

Electricité => Energie chimique
≈ 80-90%

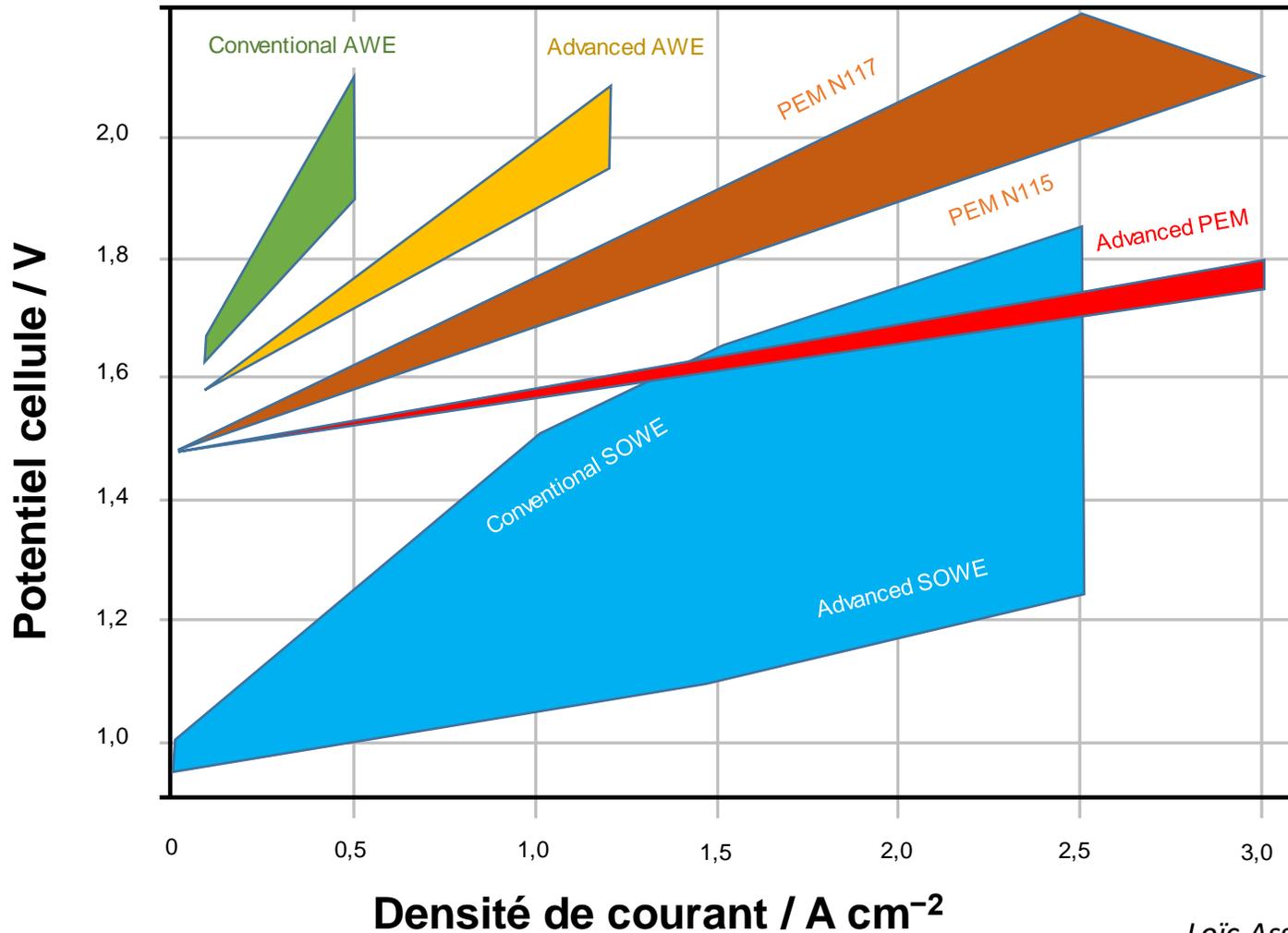
Energie chimique => Electricité
≈ 50-70%

Efficacité sur le cycle

≈ 40-65%

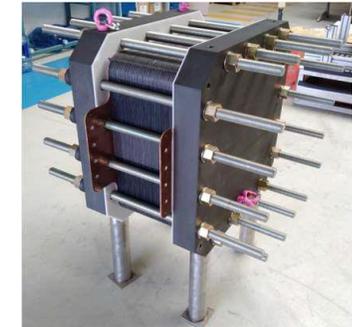
Production – Stockage – Transport – Distribution

Les différentes technologies d'électrolyse



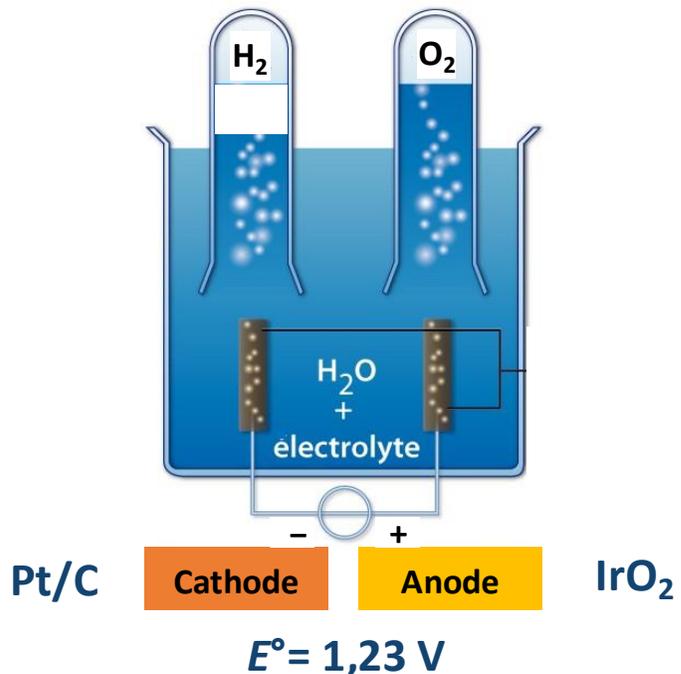
- **Electrolyse alcaline (AWE)**
- **Electrolyse sur membrane échangeuse de protons (PEM)**
- **Electrolyse sur oxyde solide (SOWE)**

600 kW – PEM stack



Elogen Co.

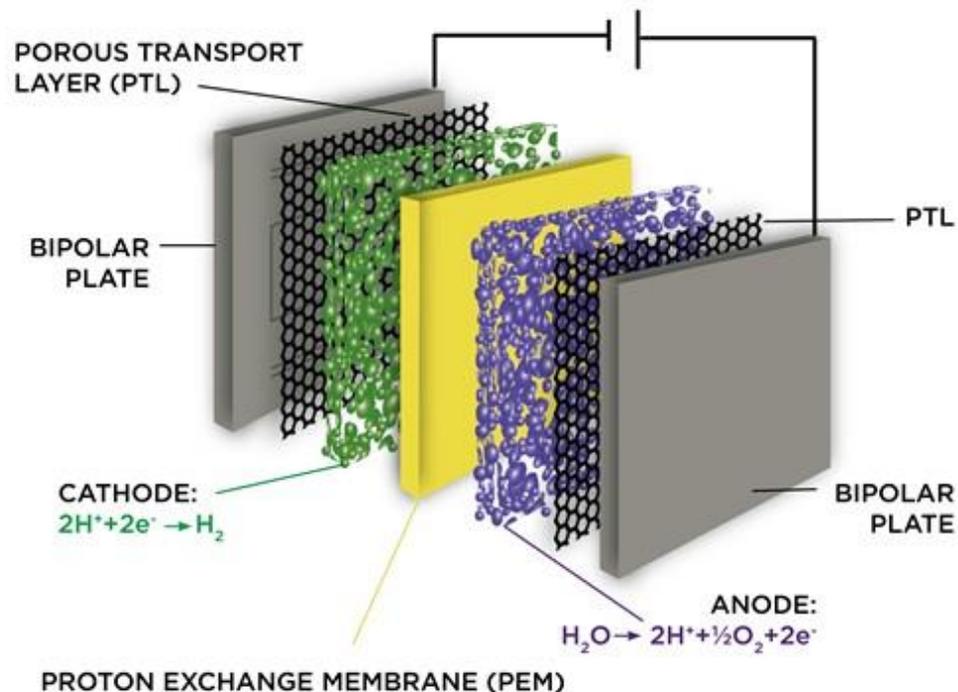
Quelques rappels d'électrochimie, électrolyse de l'eau



Réaction de dégagement d'hydrogène (HER)



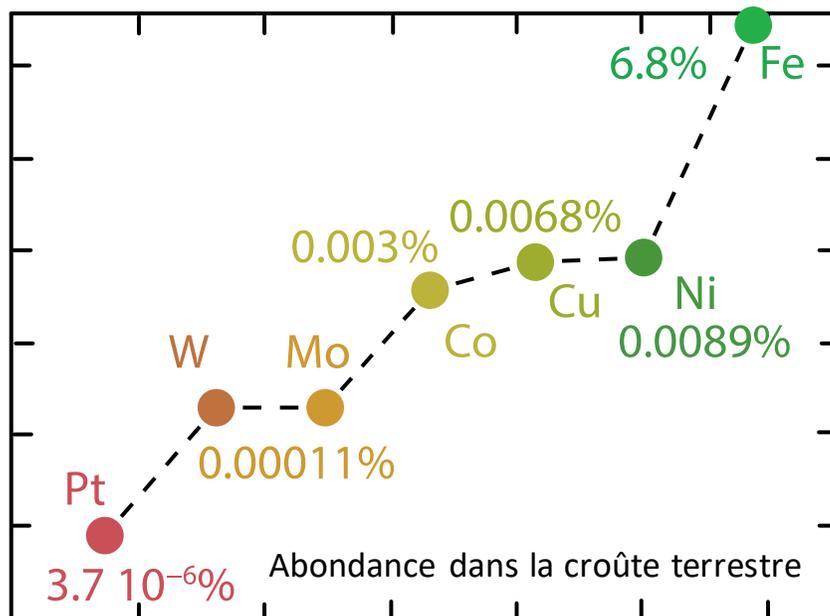
Réaction de dégagement d'oxygène (OER)



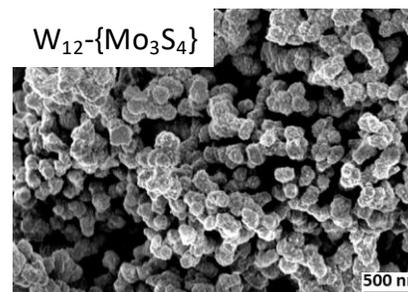
D'après tfpH₂

L'hydrogène par électrolyse de l'eau

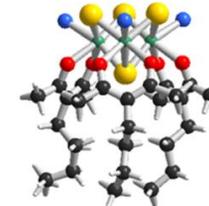
Besoin de matériaux abondants, peu onéreux, stables, durables et performants



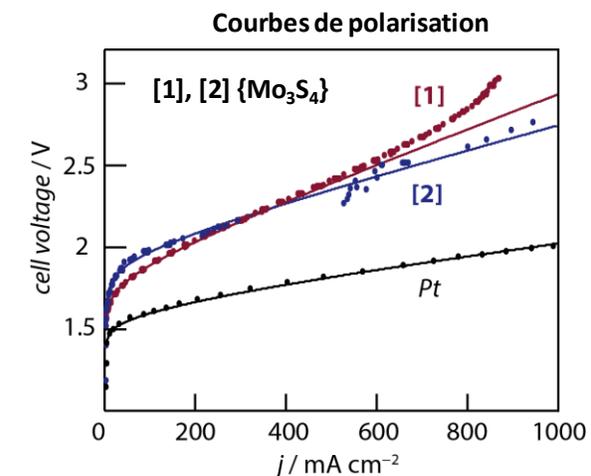
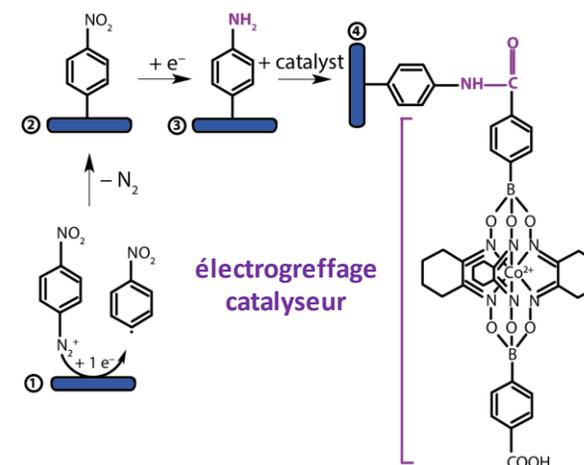
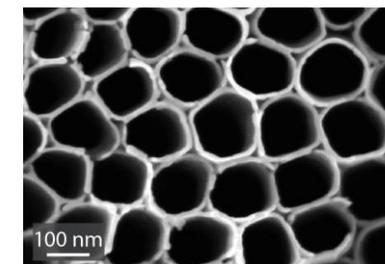
adapté d'après Y. Zhang *et al*, Chem. Soc. Rev., 2015, 44, 5148



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 H₂ par électrolyse et coût associé

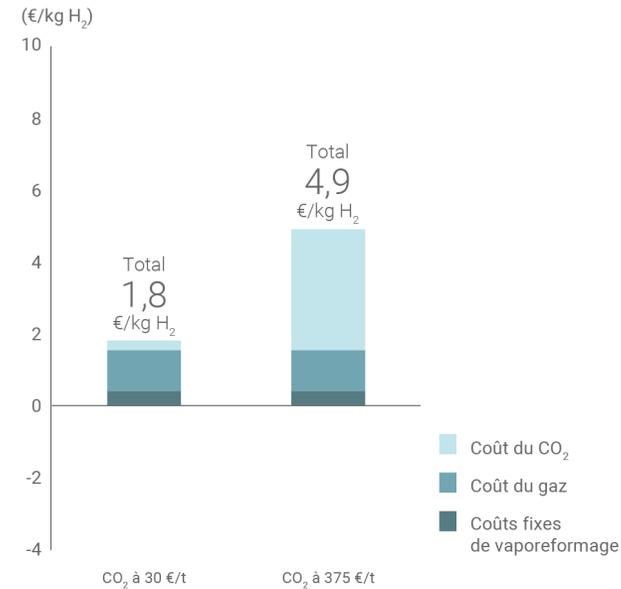
2022: 1,3 GW => 2031: 104 GW

Rapport Guidehouse Insights, 2022

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

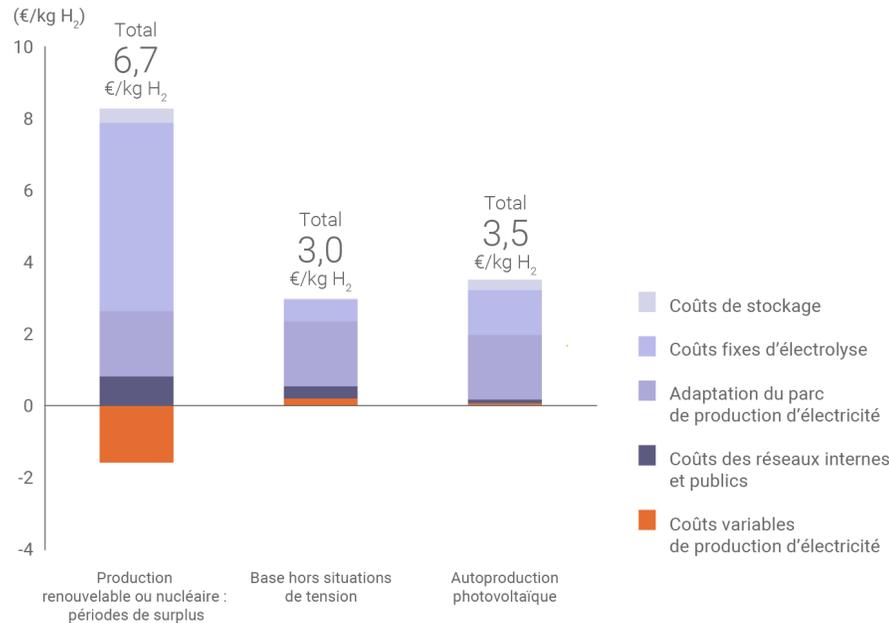
Vaporeformage

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 H₂; Coût électricité: 50€/MWh => 2,75€/kg

Coût total: 5,5€/kg

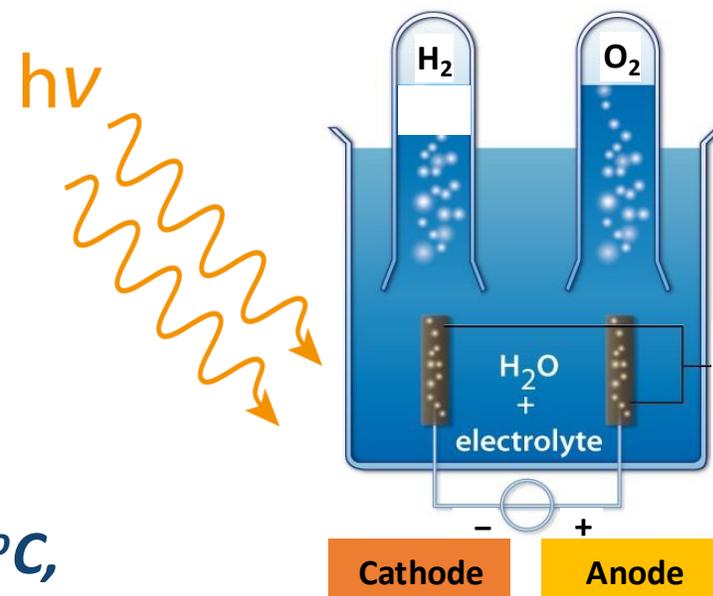
Extrait France Hydrogène

(H₂ produit par vaporeformage de CH₄: ≈ 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