

Production d'hydrogène solaire par photo-électrolyse

C. Cornet¹, G. Loget^{2,3}, B. Fabre², Y. Léger¹ et N. Bertru¹

¹Univ Rennes, INSA Rennes, CNRS, Institut FOTON – UMR 6082, F-35000 Rennes, France

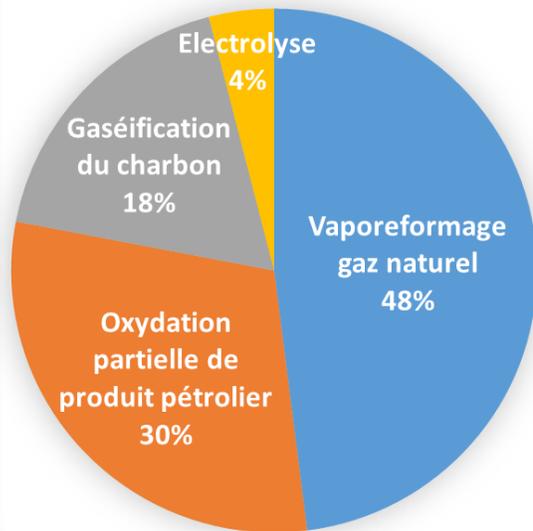
²Univ Rennes, CNRS, ISCR (Institut des Sciences Chimiques de Rennes)–UMR6226, F-35000 Rennes, France

³Institut des Sciences Moléculaires, UMR CNRS 5255 CNRS - Université de Bordeaux - Bordeaux INP/ENSMAC

Production d'H₂ en 2021:

- Monde ≈ 94 Mt d'H₂/an
- France ≈ 900 000 t d'H₂/an
- 96% de la production mondiale d'H₂ réalisée à partir de combustibles fossiles

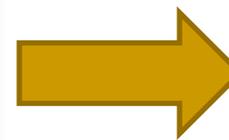
A l'échelle mondiale



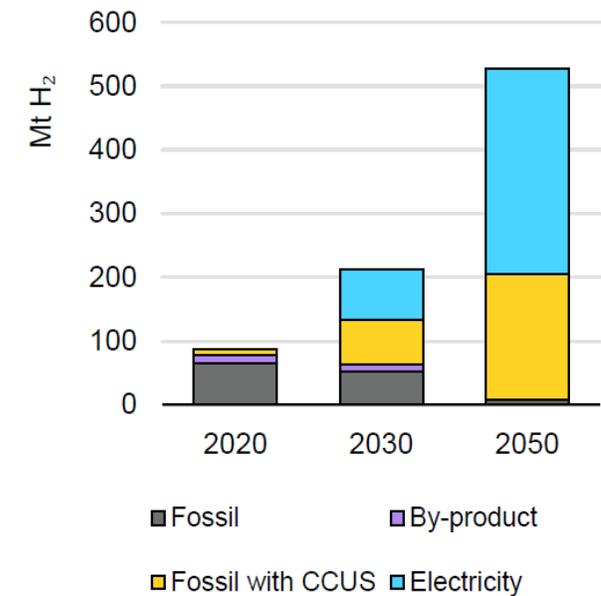
Technologie	Emissions CO ₂ *
Vaporeformage du méthane	~10 kg CO ₂ /kg H ₂
Oxydation partielle	~15 kg CO ₂ /kg H ₂
Gaséification du carbone	~20 kg CO ₂ /kg H ₂

*Possibilité de rajouter une unité de séquestration/stockage de CO₂

Sources : Global Hydrogen Review 2022, France Hydrogène

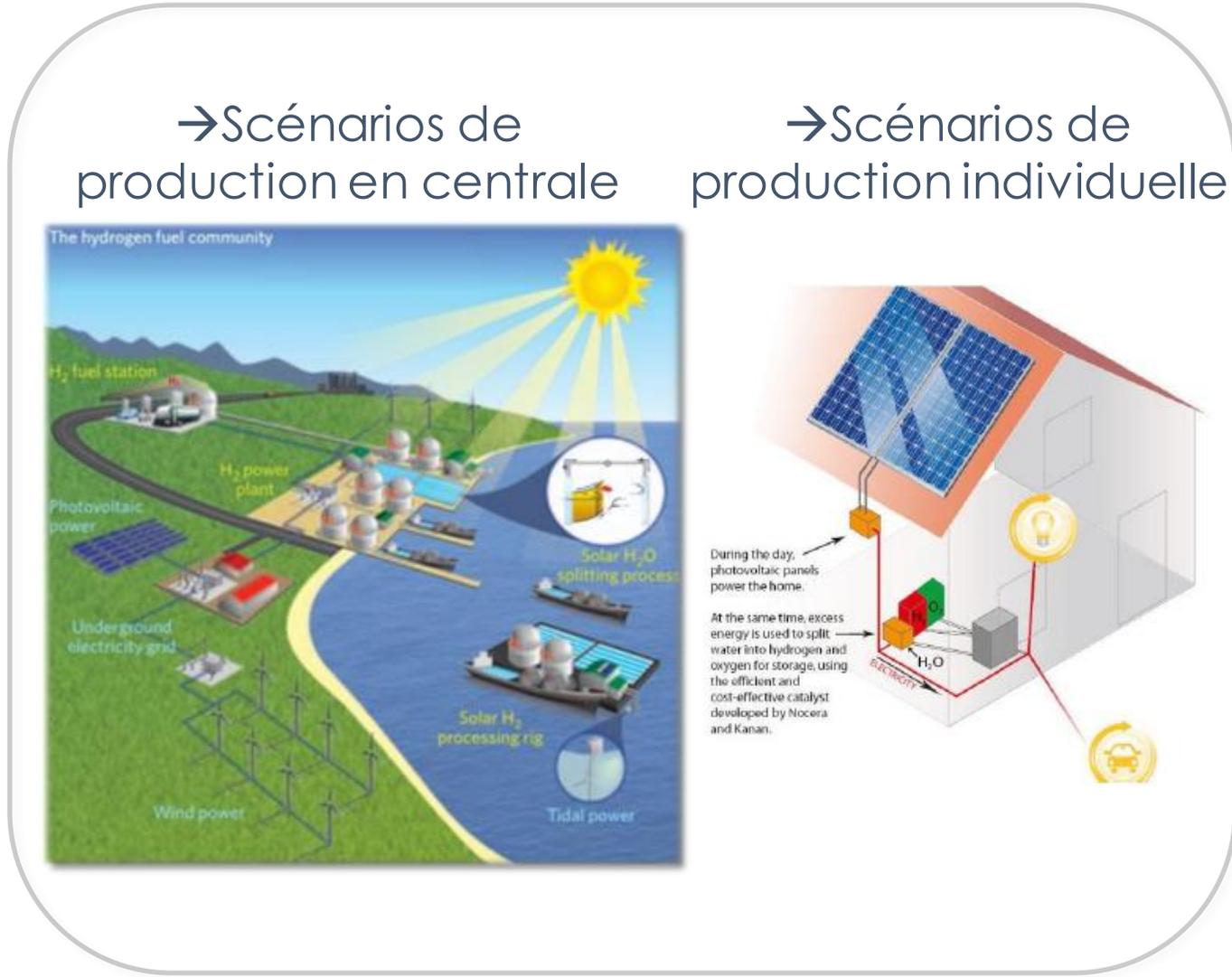
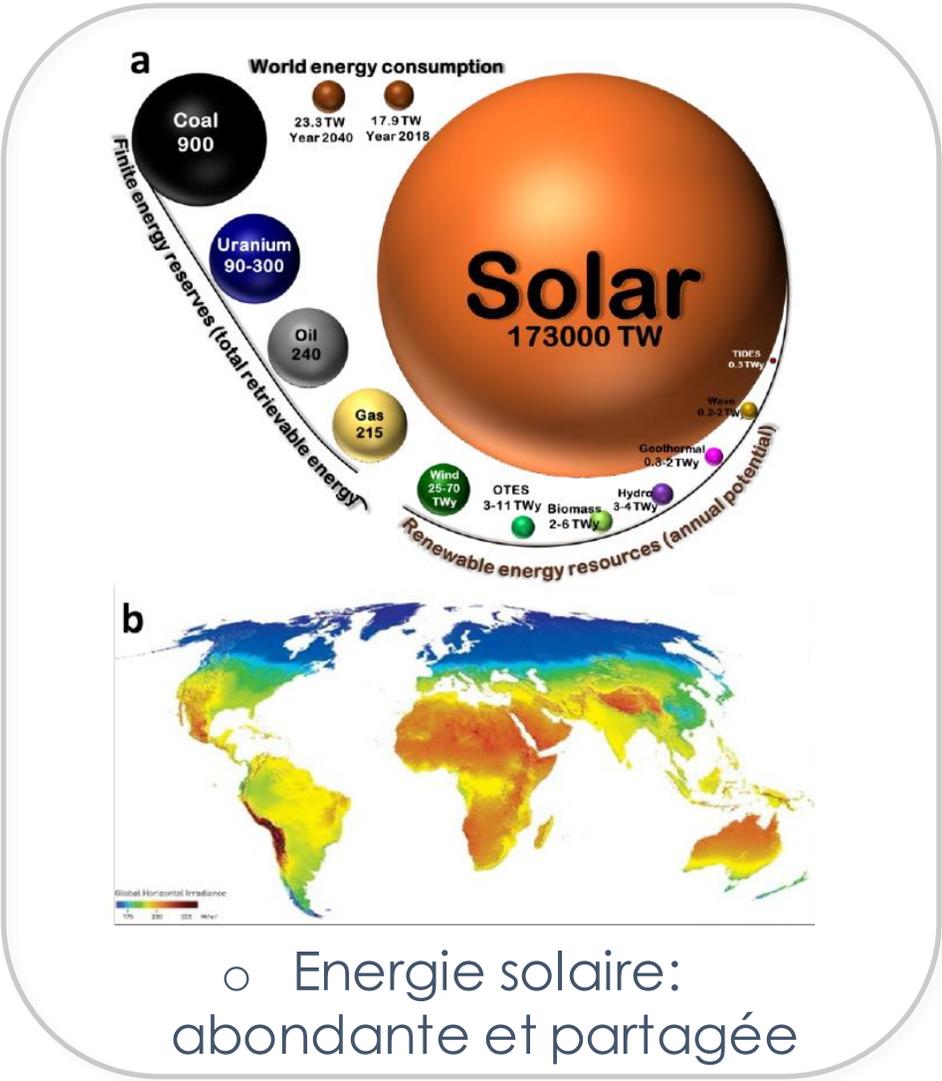


- Demande croissante dans les années à venir



Source: Global Hydrogen Review 2021, IEA

➤ **Nécessité de décarboner la production d'H₂**



Les technologies de l'hydrogène solaire

PhotoVoltaïque-Electrochimique (PV-EC)

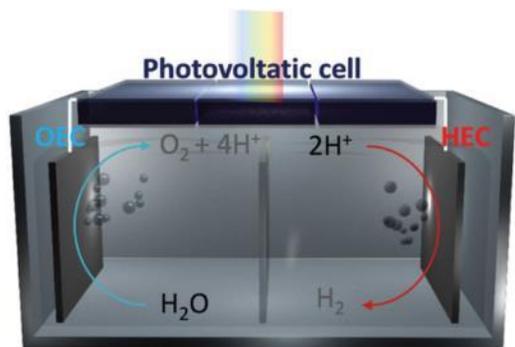
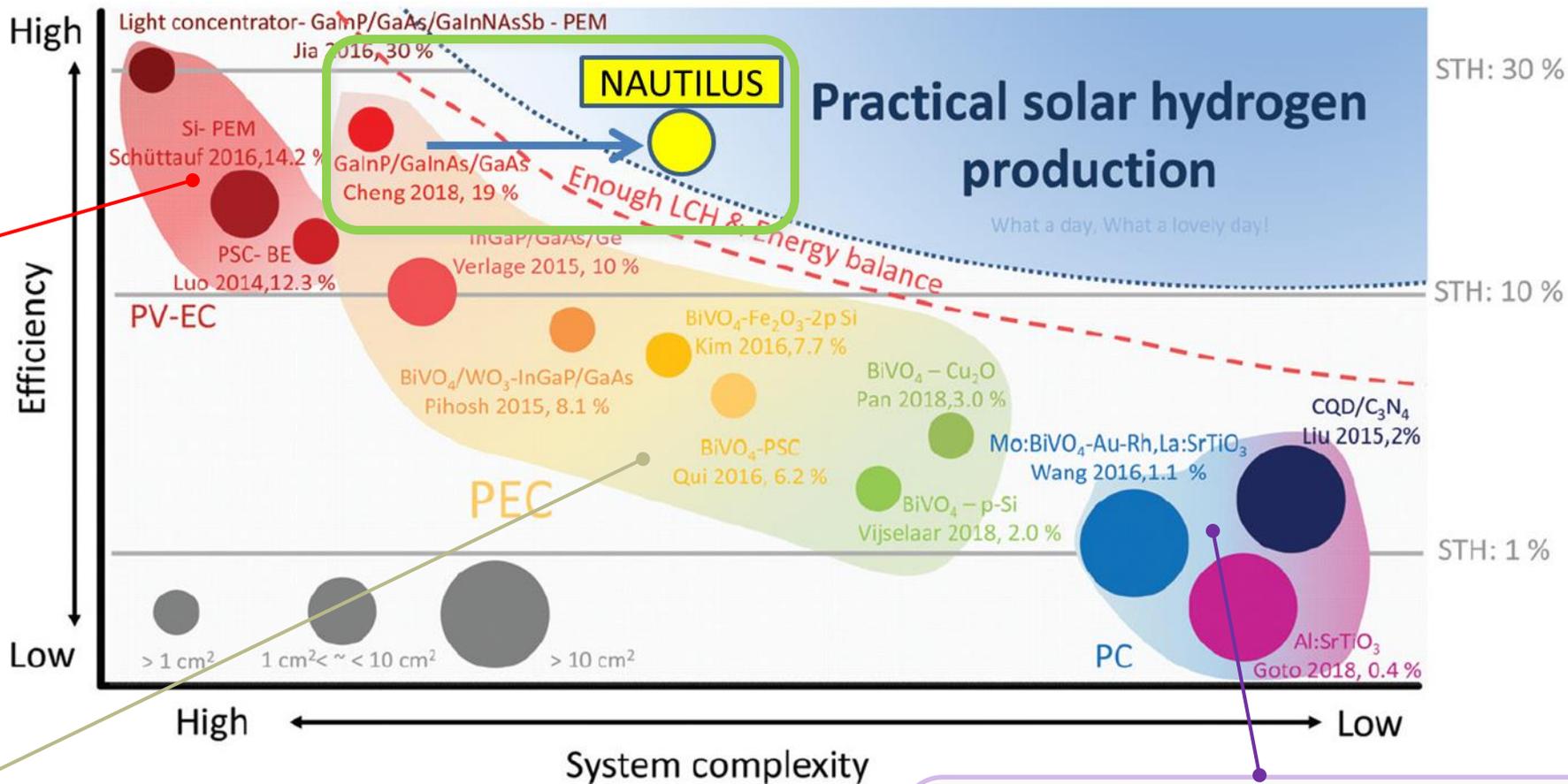
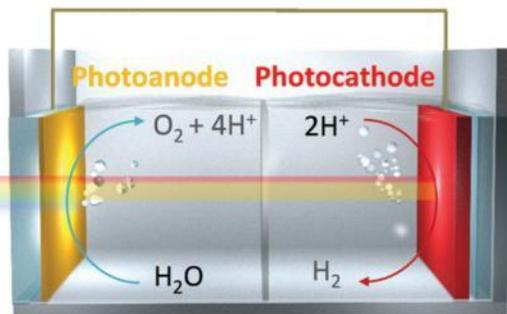
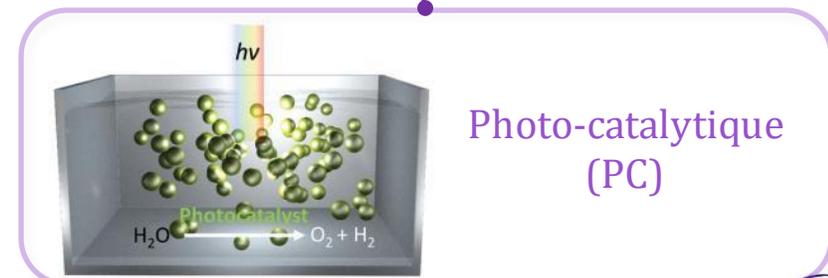


Photo-electro-chimique (PEC)

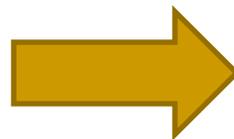


→ Coût de production nivelé de l'hydrogène <1.5 €/kg ?



10-20% de rendement : Que peut-on en faire ?

20% de rendement solaire à hydrogène
→ 50 g/h/m² de production de H₂



Tracteur à hydrogène → 20 kg H₂/jour



→ ≈40 m² de cellules PEC en toiture en 1 jour = 1 journée de tracteur

L'équipe NAUTILUS dans le PEPR H2



PEPR Hydrogène décarboné : TRL 1-4, 83M€, 18 projets, 180 Ph. D. & post-doc, 8 ans



C. Cornet,
Pr. Institut FOTON (CNRS), INSA Rennes



Y. Léger,
CR CNRS Institut FOTON (CNRS), INSA Rennes



N. Bertru,
Pr. Institut FOTON (CNRS), INSA Rennes

- Matériaux, physique et propriétés optoélectroniques



G. Loget,
CR CNRS ISCR (CNRS), Université Rennes 1



B. Fabre,
DR CNRS ISCR (CNRS), Université Rennes 1

- Photo-électrochimie, corrosion, catalyse



G. Patriarche,
DR CNRS C2N (CNRS), Université Paris-Saclay

- Microscopie, caractérisations électro-optiques



L. Santinacci,
CR CNRS CINaM (CNRS), Université Aix-Marseille

- Couches de Protection & corrosion (TiO₂, etc.)
- Photo-électrochimie



D. Voiry,
CR CNRS IEM (CNRS), Université Montpellier

- Electrocatalyse
- Synthèses pour la catalyse, 2D Mo-Xenes.



NAUTILUS = Cellules photo-électrochimiques robustes, rentables et autonomes avec des couches minces III-V sur Si pour une production réaliste d'hydrogène.

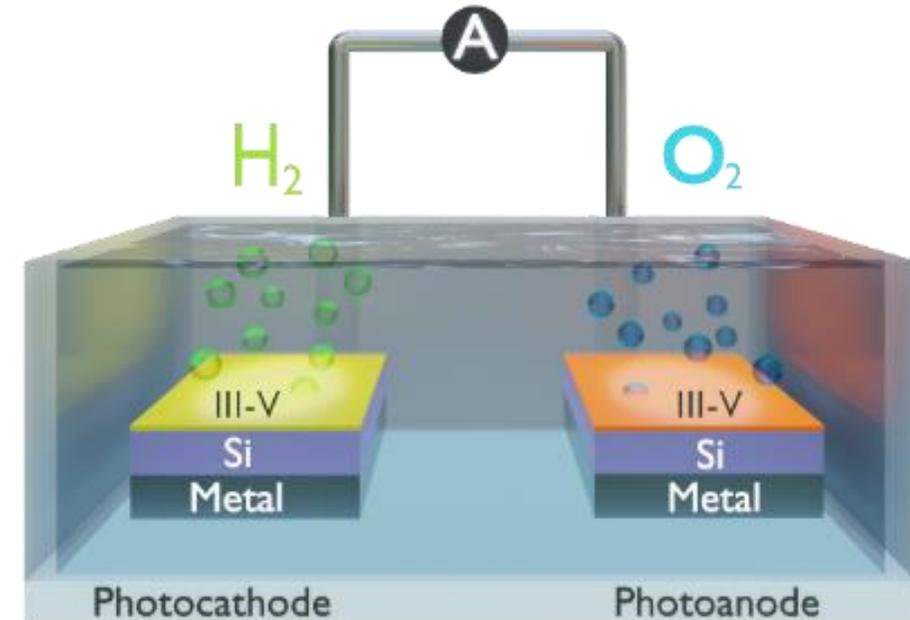
○ Enjeux :

Développement de cellules PEC performantes et durables :

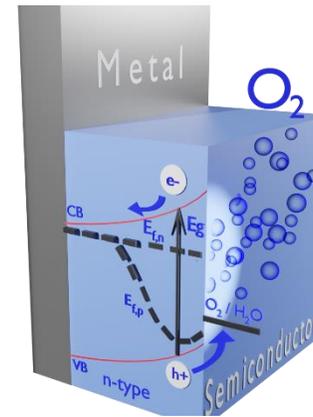
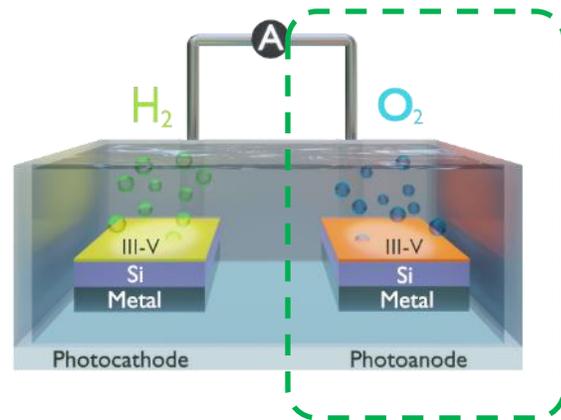
-Cellule PEC Haute efficacité sur substrat Si bas coût

-Cellule PEC autonome (pas de tension externe appliquée)

-Cellule PEC robuste (longue durée de vie, résistance à la corrosion)

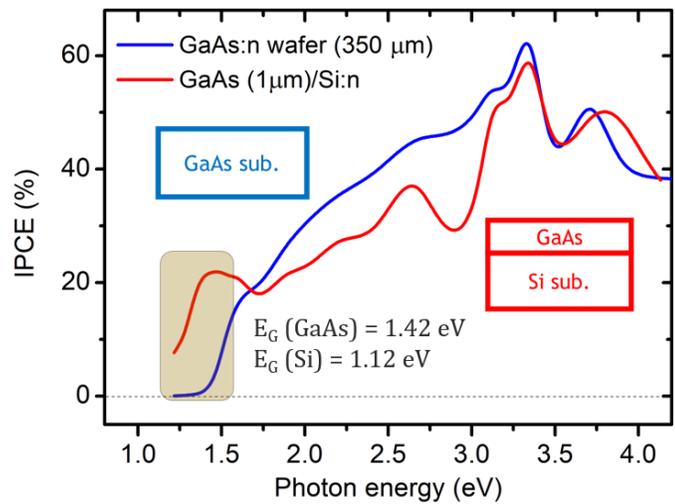


→ Cellule PEC à deux photoélectrodes, composées d'un empilement co-catalyseur/couche de protection/empilement III-V/Si, présentant un STH >10%, et une durée de vie extrapolée >1000 heures ?

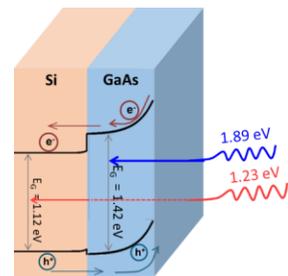


- $V_{onset} = +0,38-0,55 \text{ V}$
- $J_{plateau} = 5-13 \text{ mA.cm}^{-2}$
- Stabilité : >5h

Photo-anode à double Gap

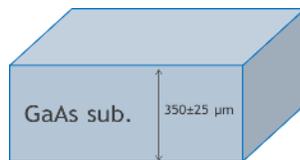


• Coût réduit

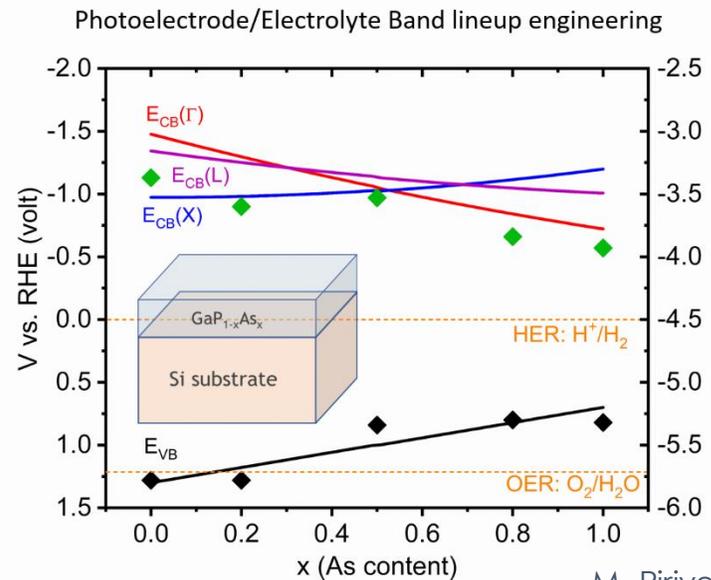


VS

• Coût élevé



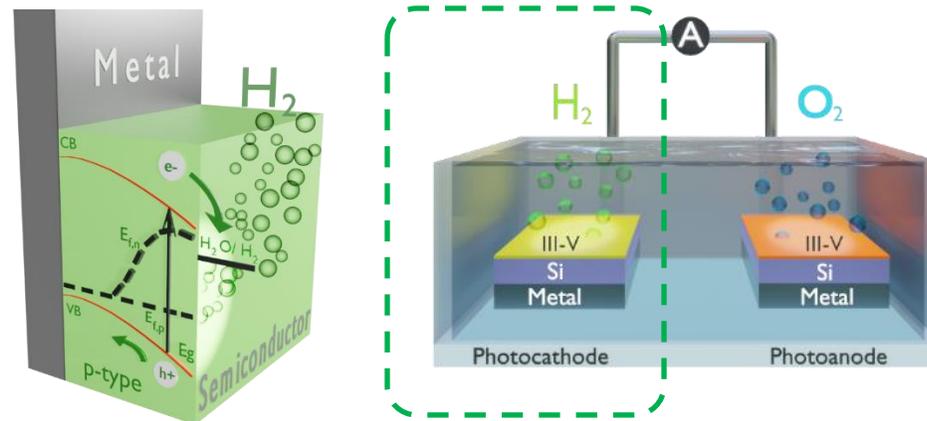
Ingénierie d'alignements de bande



• Possibilité d'adapter l'alignement des bandes entre le SC et un niveau rédox de l'électrolyte

M. Piriye et al., Solar Energy Materials and Solar Cells 251, 112138 (2023).

M. Piriye et al., Journal of Materials Chemistry C 12 (3), 1091 (2024).



- $V_{\text{onset}} = +0,4\text{V}$
- $J_{\text{plateau}} = 4\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$
- Stabilité : >120h
- Production H_2 : >45 $\mu\text{mol}/\text{cm}^2/\text{h}$