

Production d'hydrogène solaire par photo-électrolyse

J. Courtin¹, N. Mariotte¹, B. Boulingui-Koumba, G. Loget^{2,3}, B. Fabre², Y. Léger¹ et
N. Bertru¹, C. Cornet¹

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

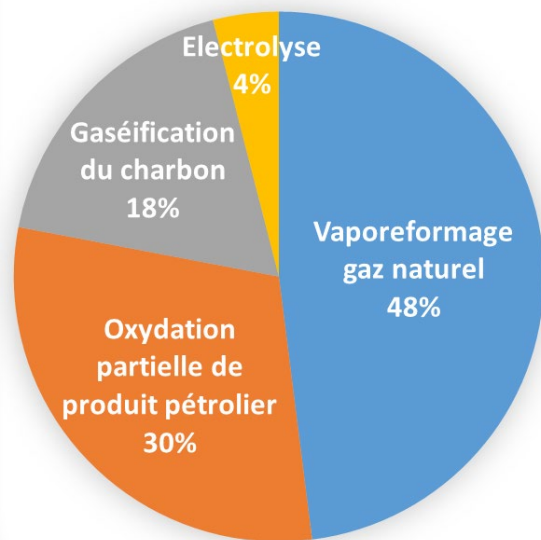
²Univ Rennes, CNRS, ISCR (Institut des Sciences Chimiques de Rennes)–UMR6226, F-35000 Rennes, France

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 $\approx 900\,000$ t d'H₂/an
- 96% de la production mondiale d'H₂ réalisée à partir de combustibles fossiles

A l'échelle mondiale

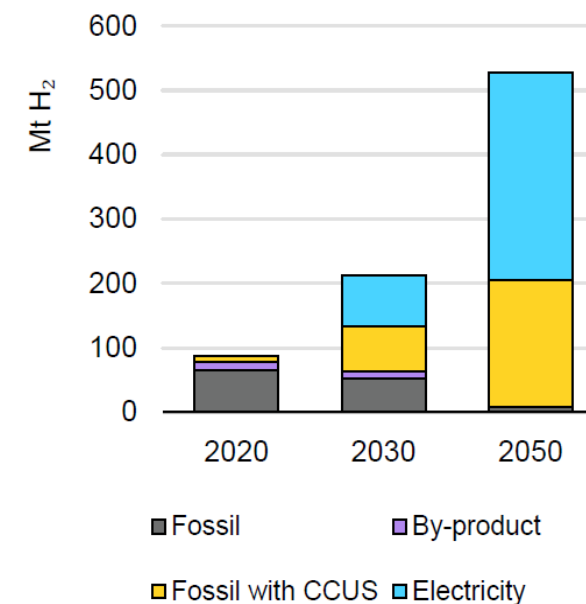


Technologie	Emissions CO ₂ *
Vaporeformage du méthane	~ 10 kg CO ₂ /kg H ₂
Oxydation partielle	~ 15 kg CO ₂ /kg H ₂
Gaséification du carbone	~ 20 kg CO ₂ /kg H ₂

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

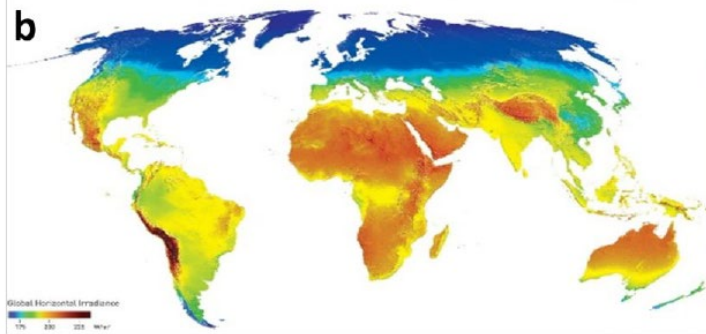
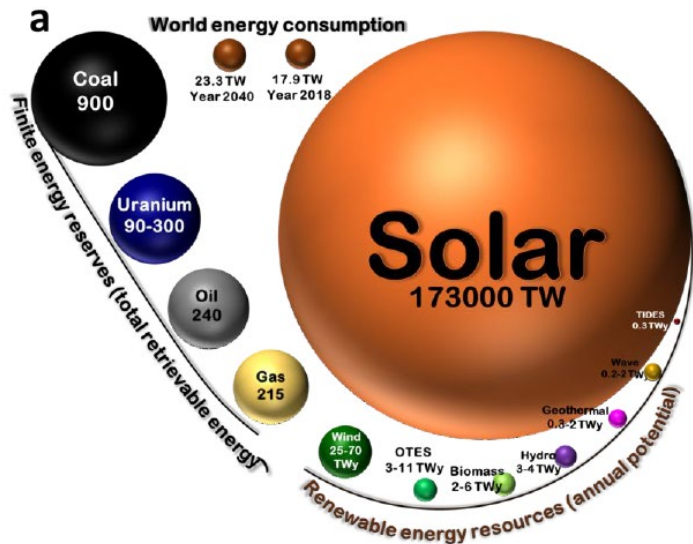
Sources : Global Hydrogen Review 2022, France Hydrogène

- Demande croissante dans les années à venir



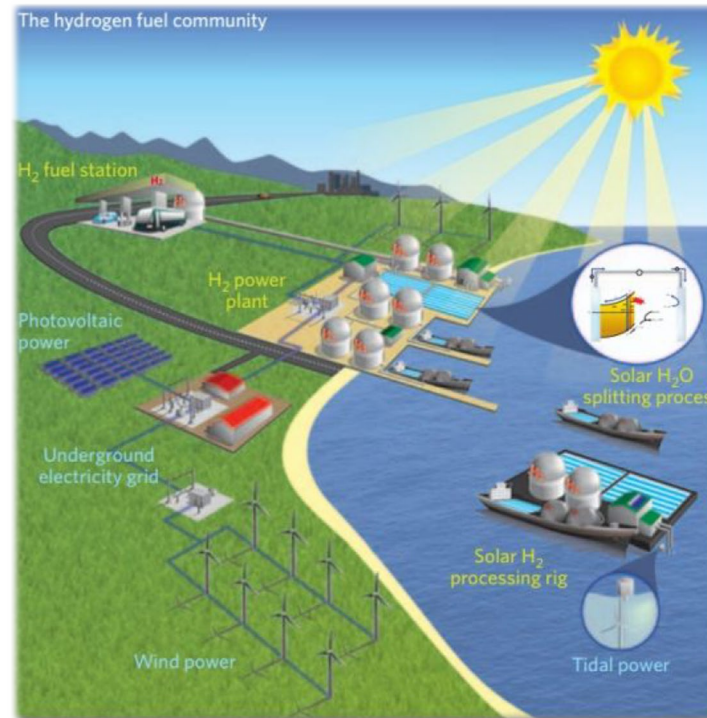
Source: Global Hydrogen Review 2021, IEA

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

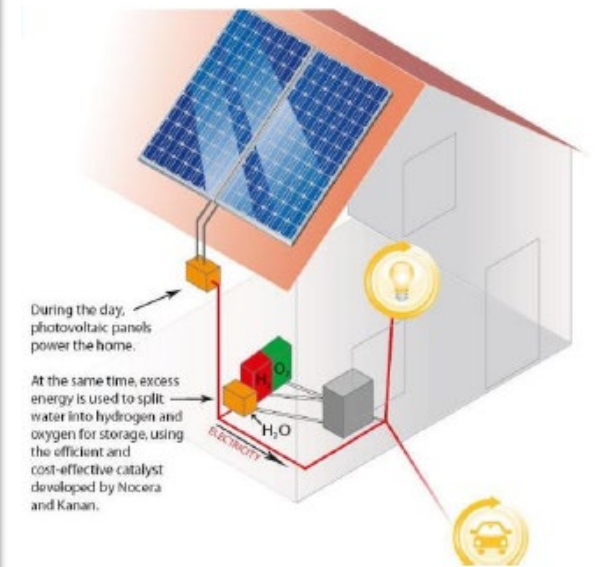


- Energie solaire: abondante et partagée

→ Scénarios de production en centrale



→ Scénarios de production individuelle



Les technologies de l'hydrogène solaire

4

PhotoVoltaire- Electrochimique (PV-EC)

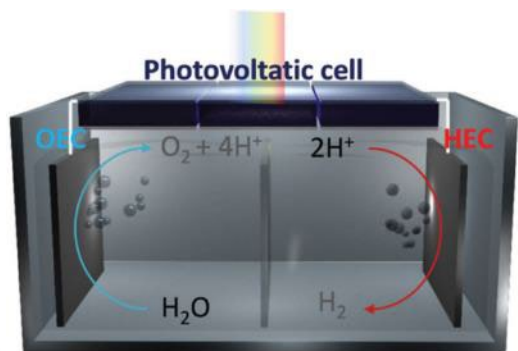
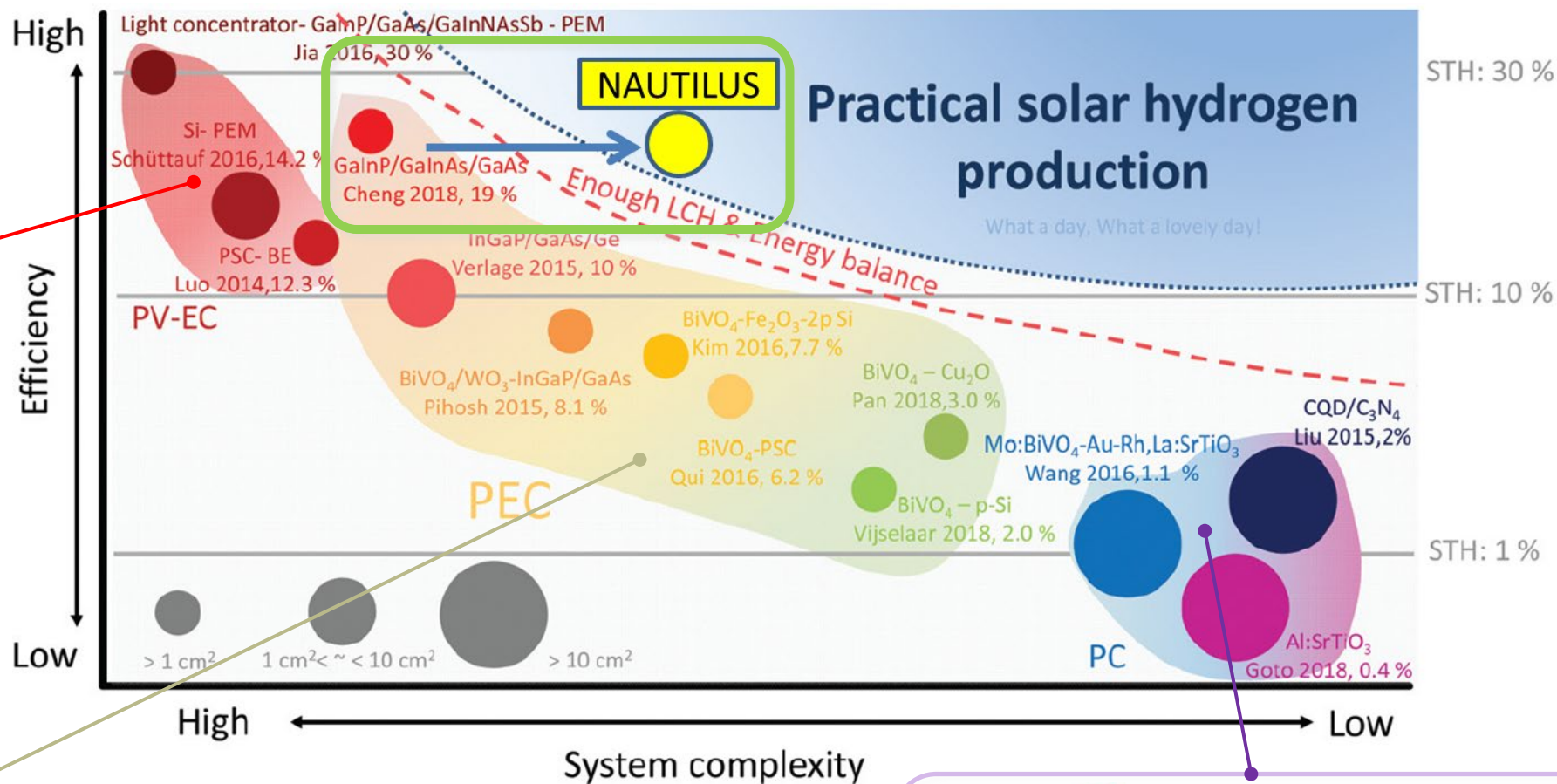
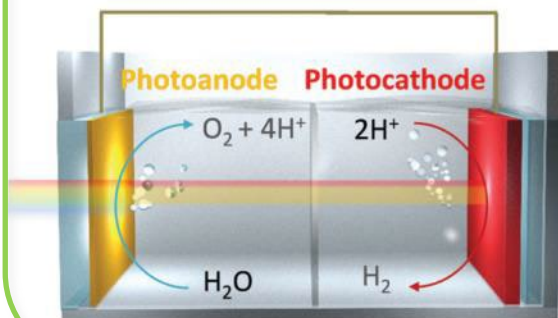


Photo-electro-chimique (PEC)



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

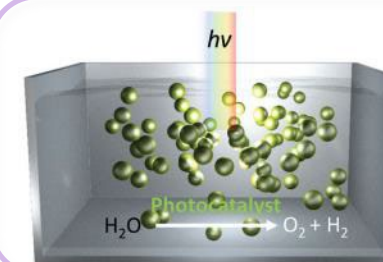


Photo-catalytique (PC)

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

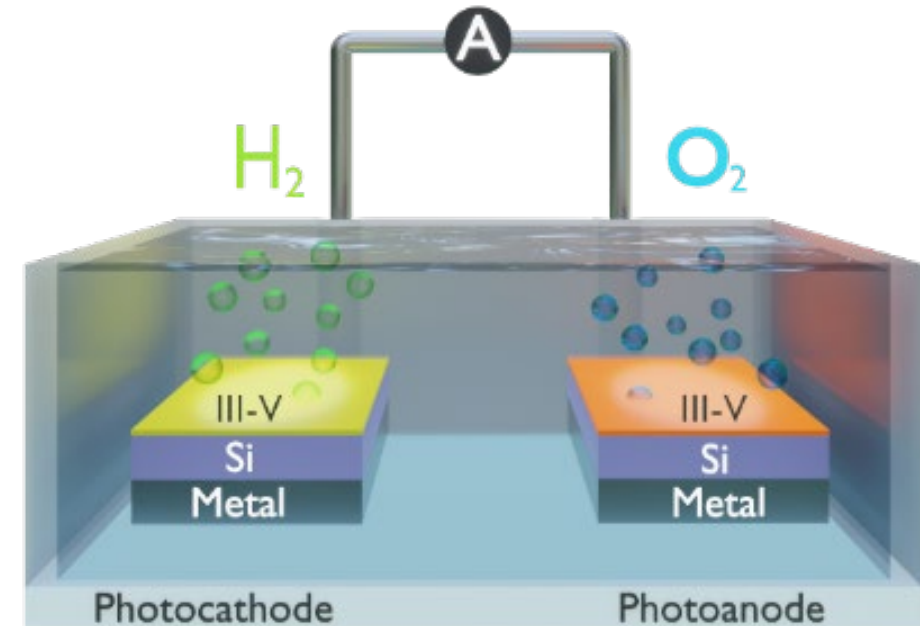
○ Enjeux :

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 ?

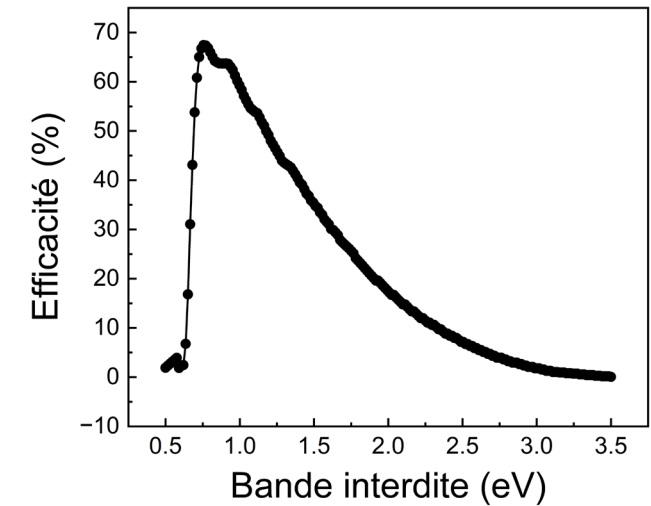
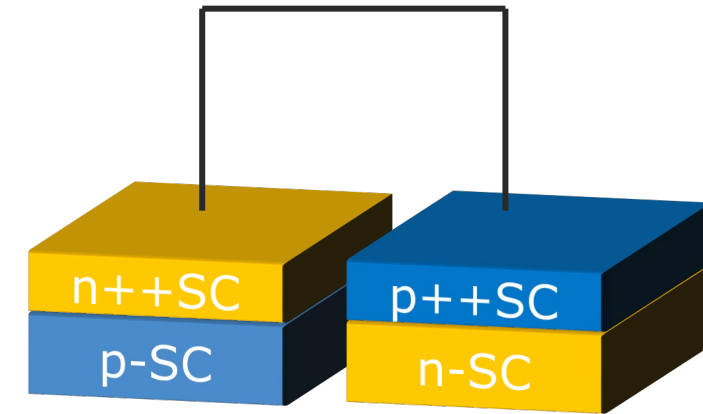
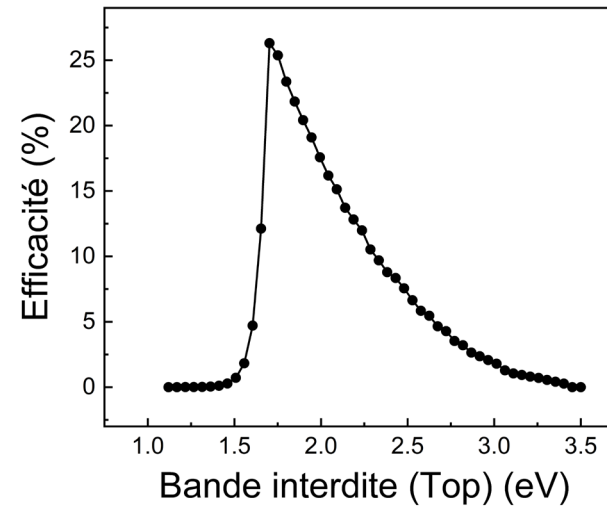
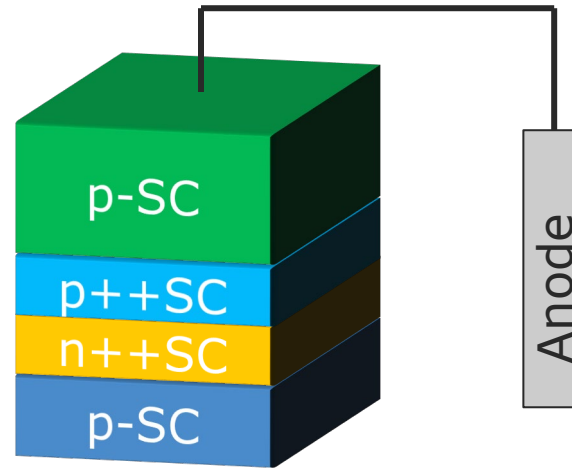
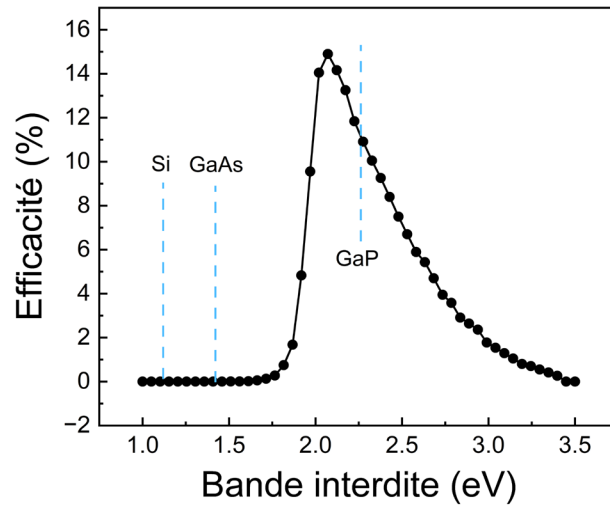
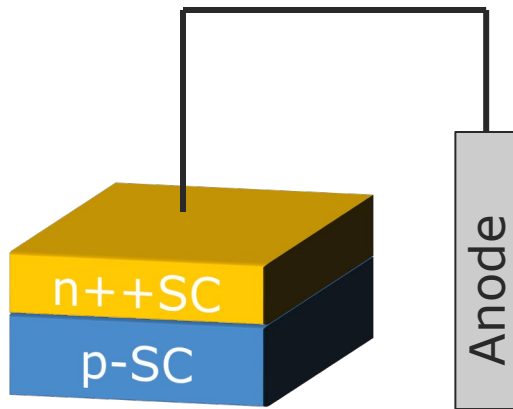
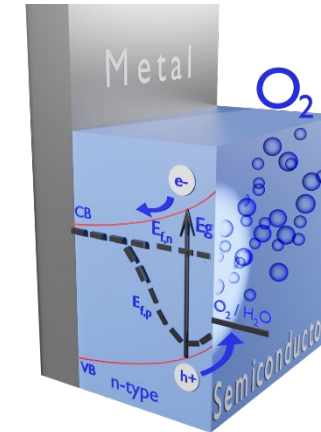
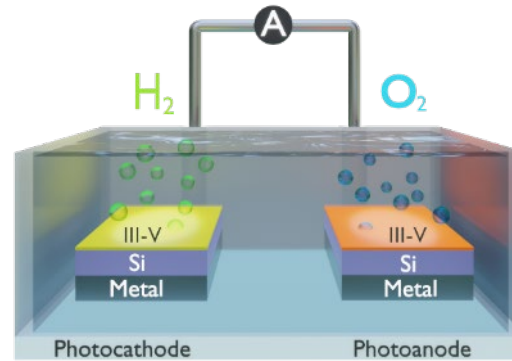
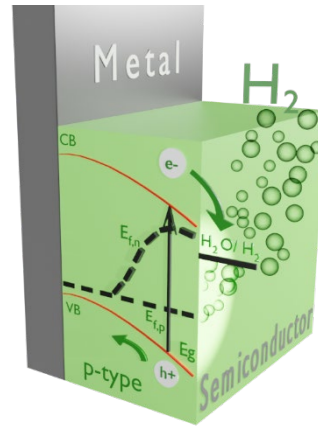


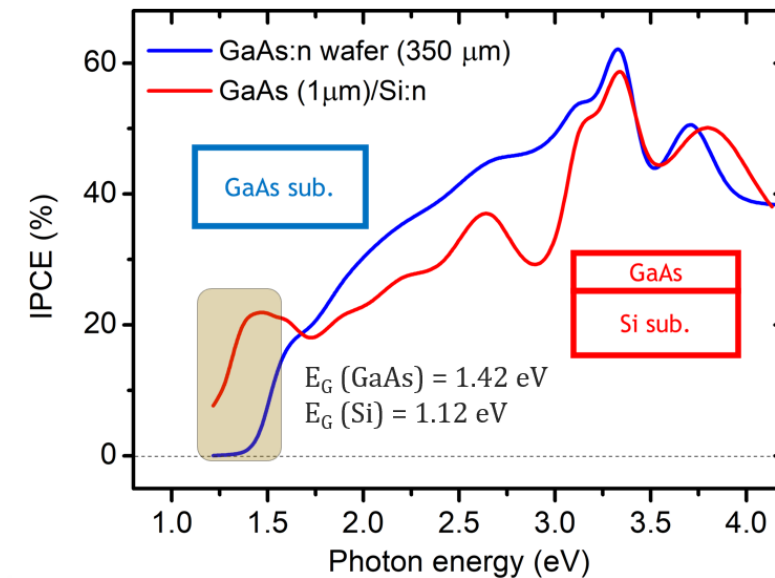
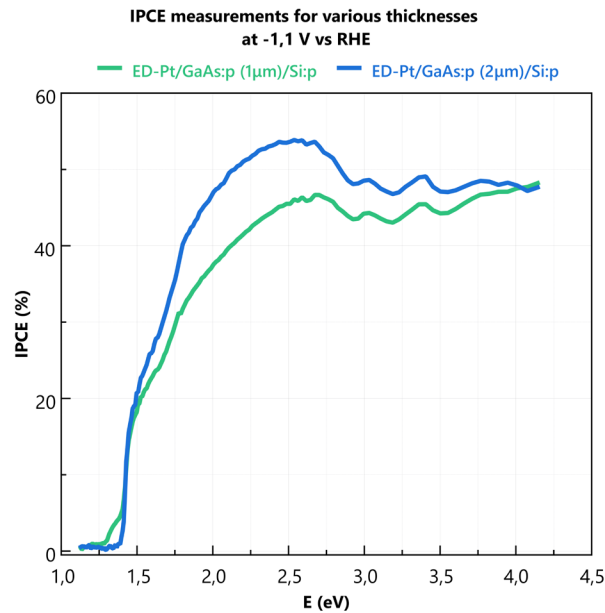
Photo-anode/photocathode

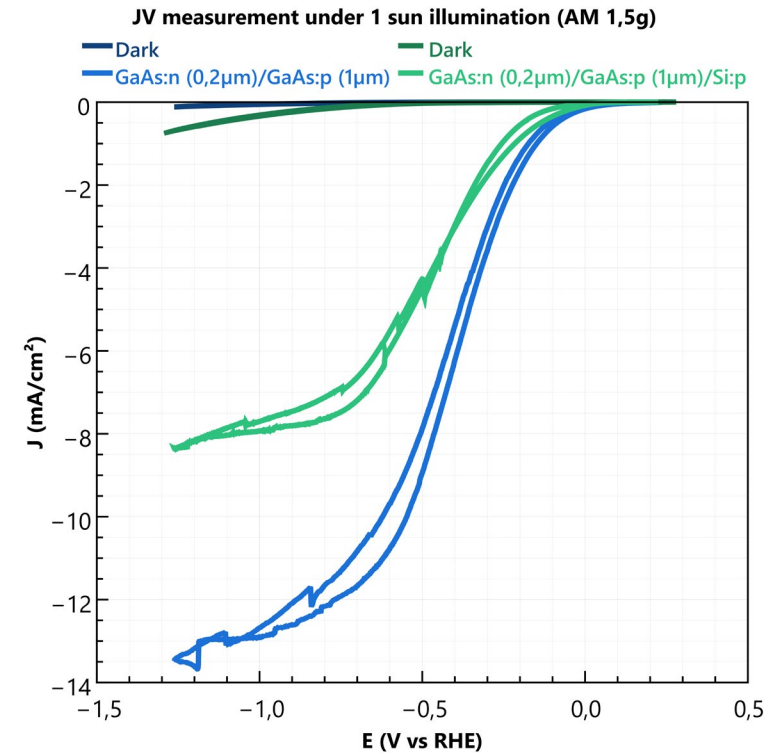
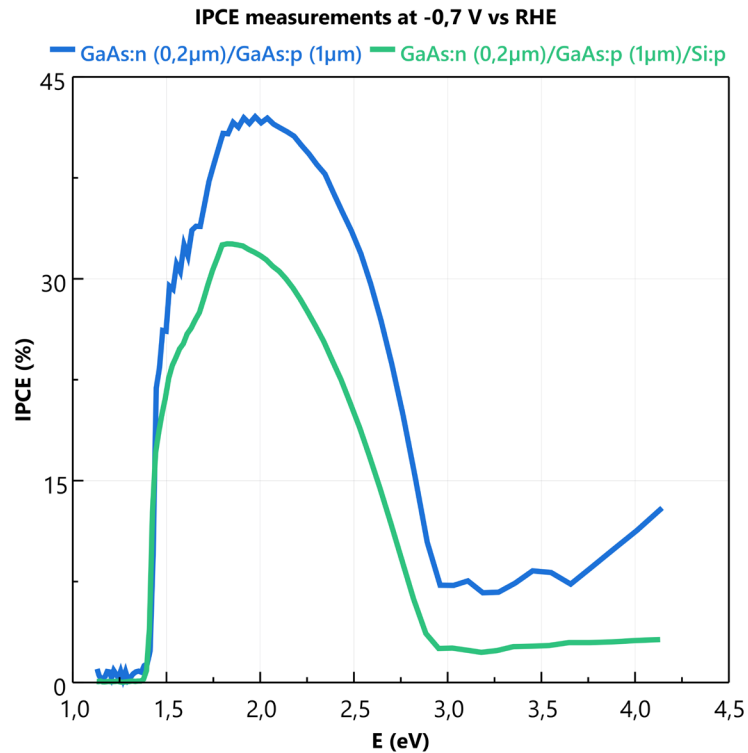
7

- $V_{\text{onset}} = +0,4\text{V}$
- $J_{\text{plateau}} = 4\text{mA.cm}^{-2}$
- Stabilité : $>120\text{h}$



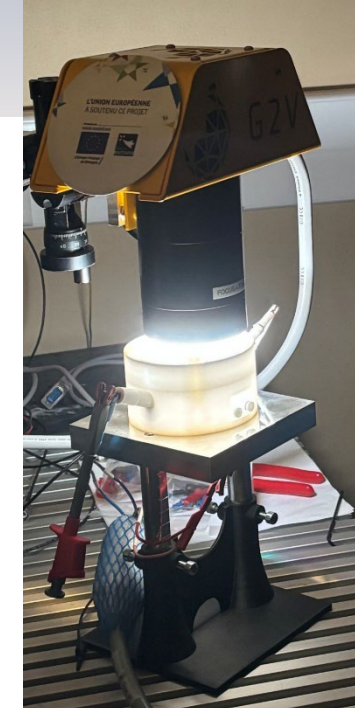
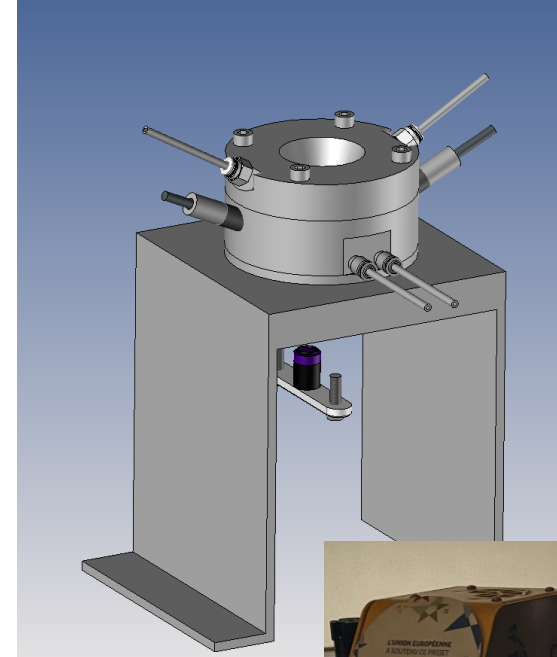
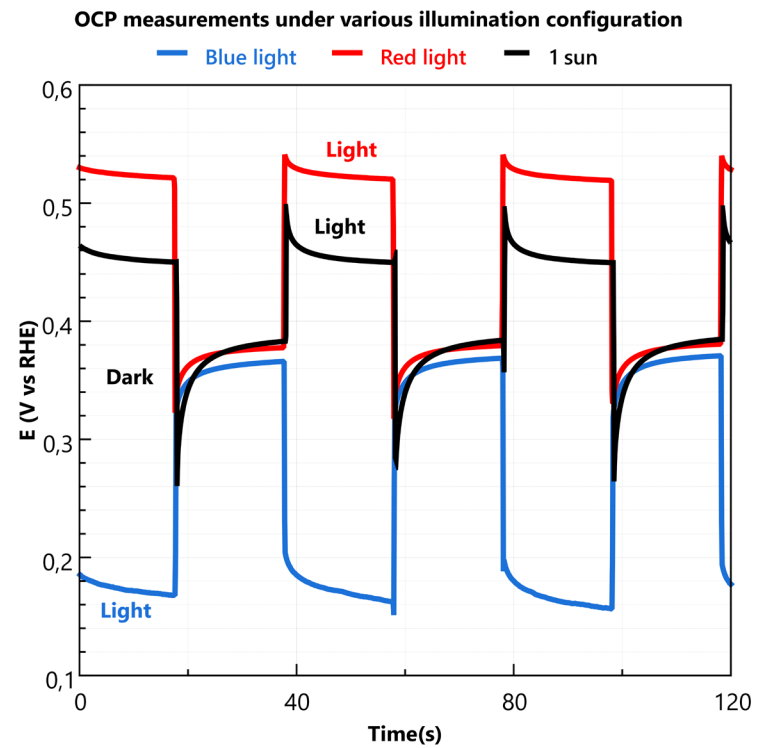
- $V_{\text{onset}} = +0,38-0,55\text{ V}$
- $J_{\text{plateau}} = 5-13\text{ mA.cm}^{-2}$
- Stabilité : $>5\text{h}$

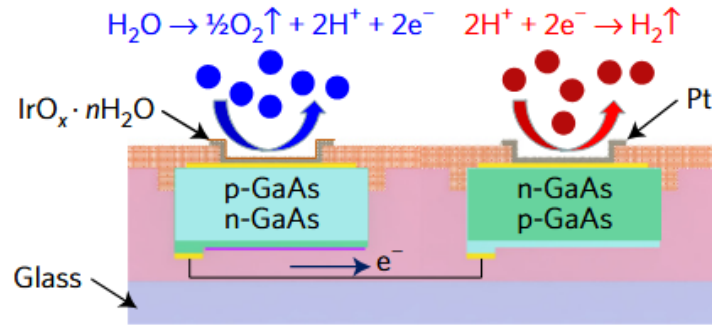




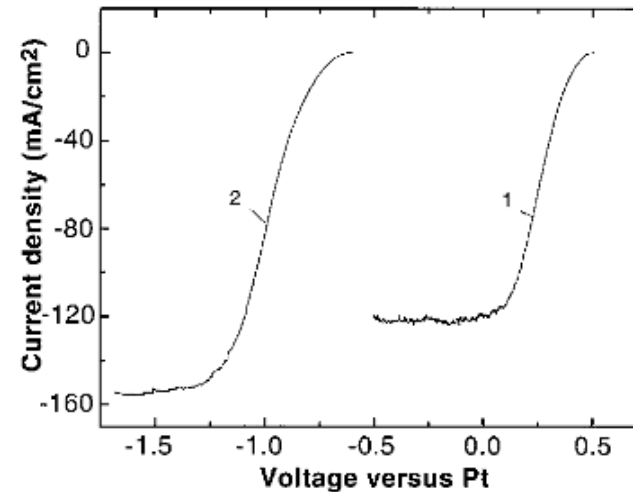
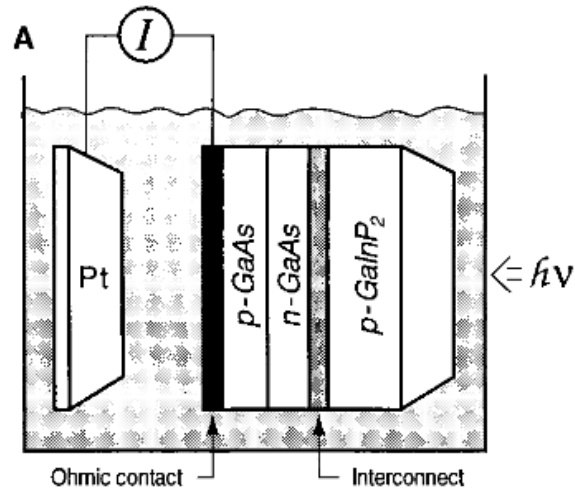
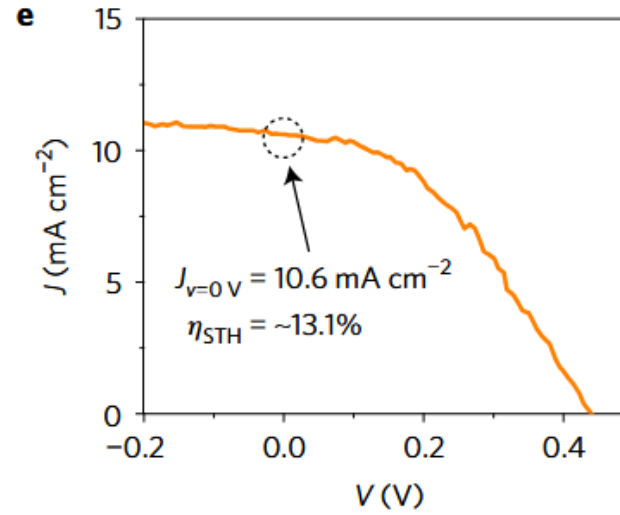
Pour l'heure le photovoltage reste faible -> structure en cours d'optimisation

Analyse multi-longueur d'onde





NATURE ENERGY 2, 17043 (2017)



Apport de l'Institut FOTON

Croissance de jonction PN sur Si.



Forte réduction des coûts

Collaborations

- IES (III-V/Si growth)
- C2N (microscopy, spectroscopy)
- CEMES (microscopy)
- CRHEA (III-V/Si growth)
- **IPR (STM and transport)**
- **ISCR (Electro-chemistry)**
- PDI (microscopy)
- UCL (Electro-chemistry)
- IMN (XPS)
- Colorado school of mines (XPS)



Une expertise Bretonne en cours de développement ?



- PIANIST Project (Grant No. ANR-21-CE09-0020)
- NUAGES Project (Grant no. ANR-21-CE24-0006)
- ANTIPODE (Grant No. 14-CE26-0014-01)



- NAUTILUS (Grant no. ANR-22-PEHY-0013)

Financeurs

COFINANCÉ PAR
UNION EUROPÉENNE



***L'Europe s'engage
en Bretagne***

