

Colloque Hauts de France Universités

« Transition Energétique et Universités : enjeux, défis, forces et structuration »

Production, stockage, combustion de l'hydrogène
Rose-Noëlle Vannier

24 mai 2024, Polytech Lille, Université de Lille

Un exemple : la réduction directe du minerai de fer par l'hydrogène



4 février 2022

Jean Castex à Dunkerque

4 février 2022, Jean Castex à Dunkerque annonce un investissement de 1,7 milliards d'euros pour décarboner les usines de Dunkerque et Fos-sur-Mer. **Remplacement d'ici 2030 de trois hauts fourneaux sur cinq** (deux à Dunkerque) par des unités de **réduction directe du minerai par de l'hydrogène**.

« **ArcelorMittal Dunkerque est le plus gros émetteur de CO₂ : 6,92% des émissions nationales**, selon les données du registre européen des rejets et transferts de polluants (E-PRTR), publié par l'Agence européenne pour l'environnement », *La Voix du Nord*, 23 mai 2024

L'hydrogène est perçu comme un vecteur de décarbonation et de stockage de l'énergie

Un exemple : **remplacement des bruleurs à gaz naturel par des bruleurs à hydrogène**



<https://www.kepler-consulting.com>



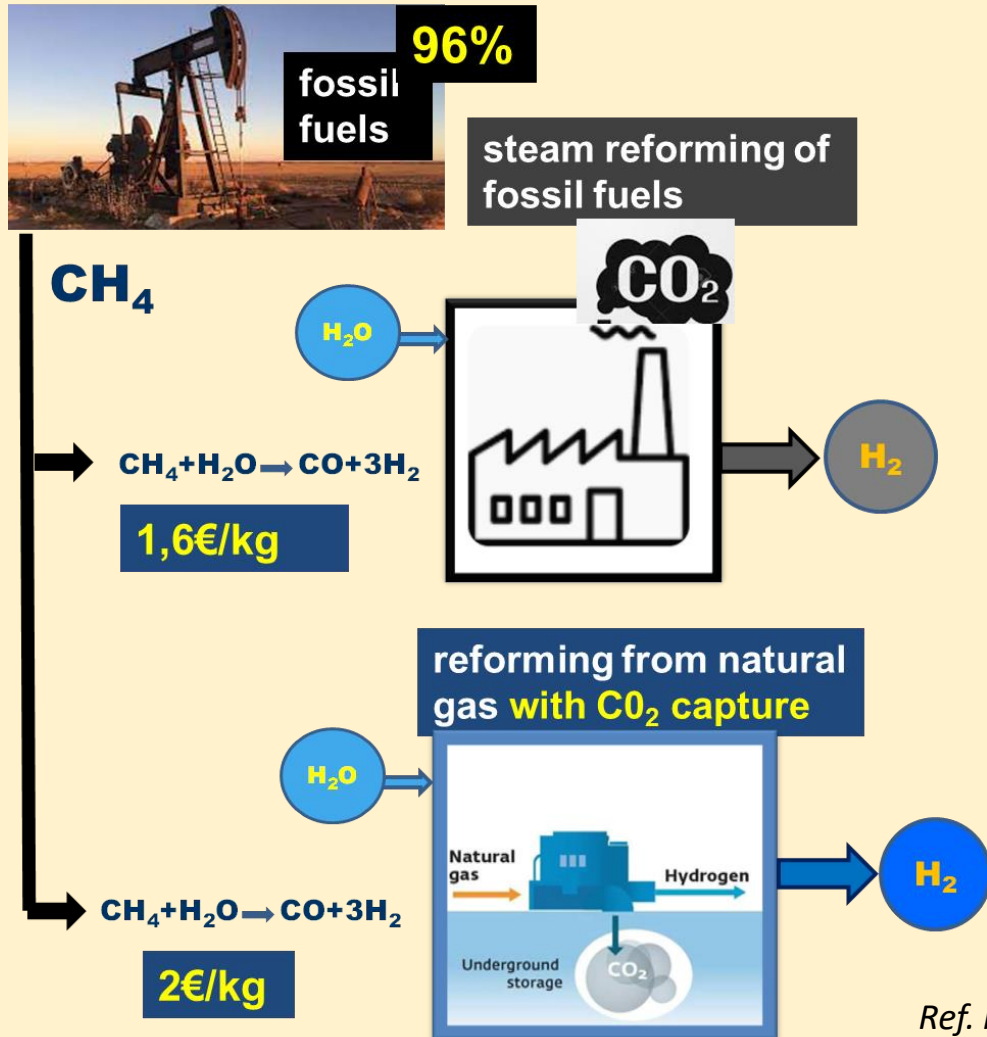
100% GN

*Ba et al., IFRF (International Flame Research Foundation)
TOTeM Hydrogen for decarbonisation- 2022*



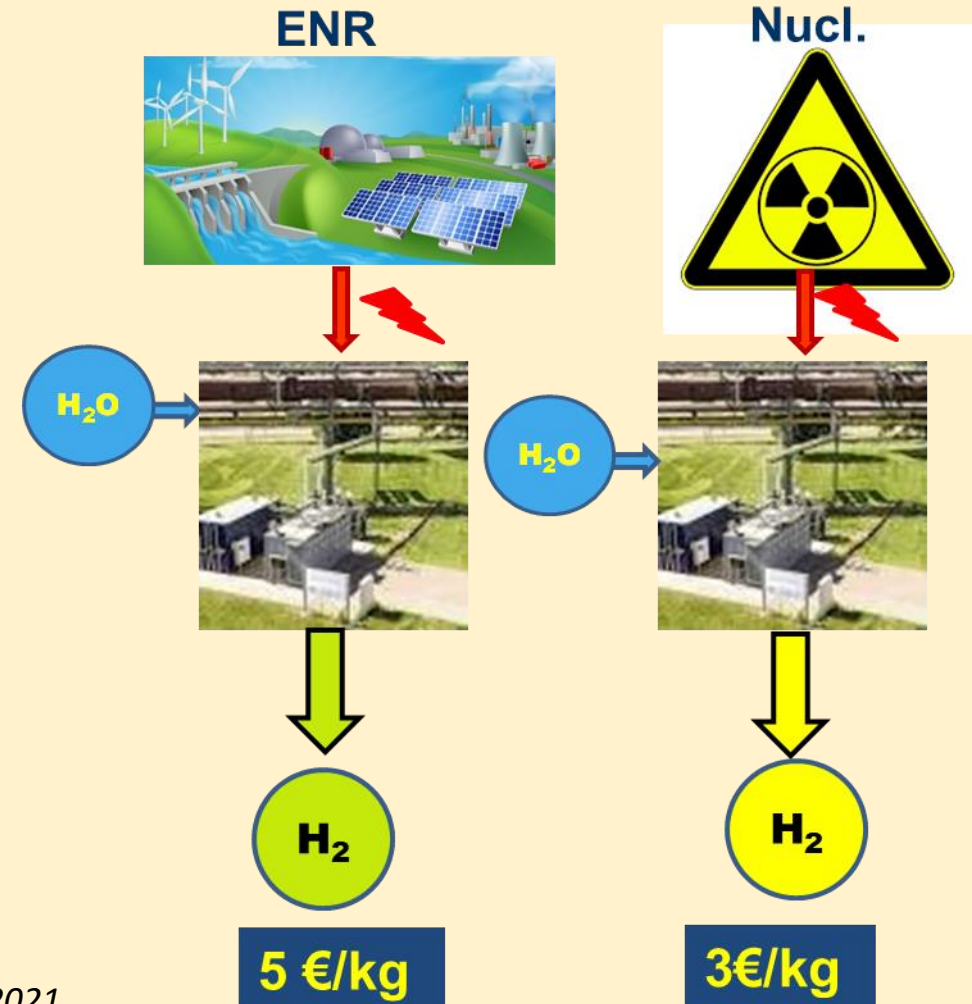
100% H₂

Production 95% par vaporeformage



Ref. Nelle technologie Mai 2021

Une alternative : l'électrolyse de l'eau



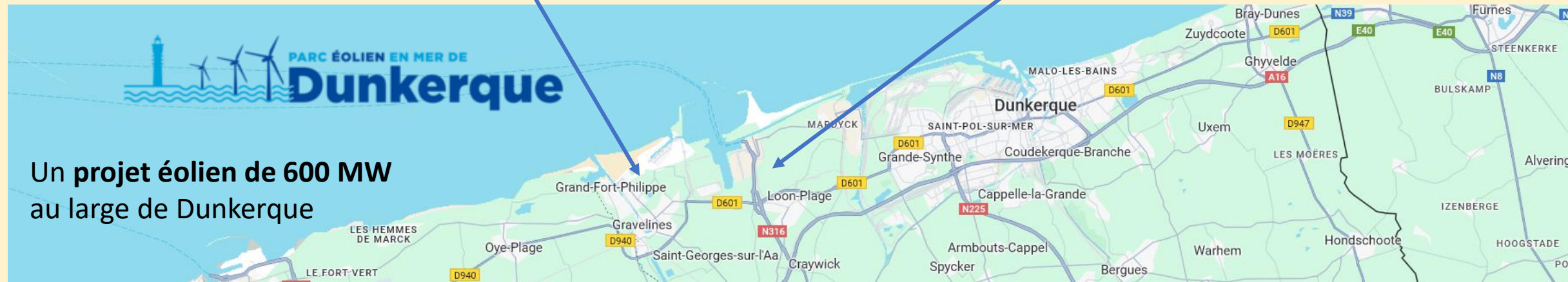
Des projets en Hauts de France

Des projets en cours de construction...

EDF : 2 EPR à Gravelines



H2V : projet massif de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, Loon Plage, 28 000 t/an, mise en service 2027



Les acteurs académiques des hauts de France se positionnent sur l'ensemble de la chaîne de l'hydrogène



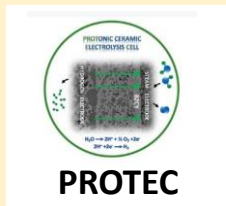
Production

Stockage

Conversion
Usage

La chaîne de l'hydrogène et les acteurs académiques des Hauts de France

Recherche de nouveaux matériaux d'électrode à air et verres de scellement pour électrolyseur à haute température (EHT)



Modtester – Modular stack tester for industrial size cells

Nouveau – Novel electrode coatings and interconnect for sustainable and reusable SOEC, Horizon-CL4-2021-Resilience-01

Knowskite-X – Knowledge-driven fine-tuning of perovskite-based electrode materials for reversible Chem-X devices, Horizon-CL4-2022-Resilience-01-19

Production



Développement de nanomatériaux d'oxydes ferroélectriques valorisables pour EHT

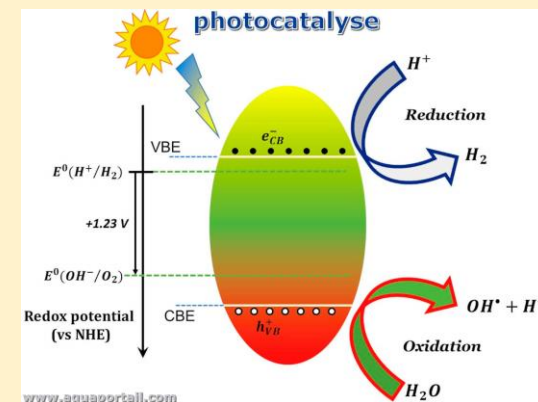
Production d'hydrogène vert à partir de biomasse lignocellulosique par voie photocatalytique



Projet HOTSHOT



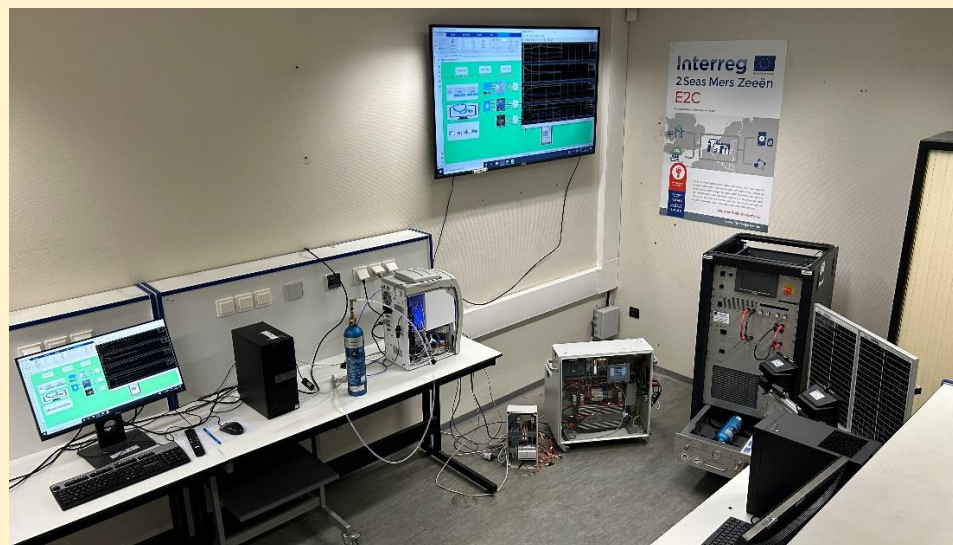
Photocatalyse de l'eau



Gestion de la santé et pronostique de système de production d'hydrogène vert : méthode hybride IA et multiphysiques pour la détection des défauts et gestion optimales des modes de fonctionnement.



Production



Plateforme pilotée par un superviseur pour un test d'algorithmes de diagnostic, pronostic et optimisation. Ouverte à la communauté scientifique et académique (située à C005 Polytech lille)

La chaîne de l'hydrogène et les acteurs académiques des Hauts de France



Fabrication de réservoirs hyperbares

Projet ECOHYDRO



Etude d'hydrures métalliques, complexes et matériaux poreux pour le stockage réversible de H₂



Etude théorique d'hydrures métalliques

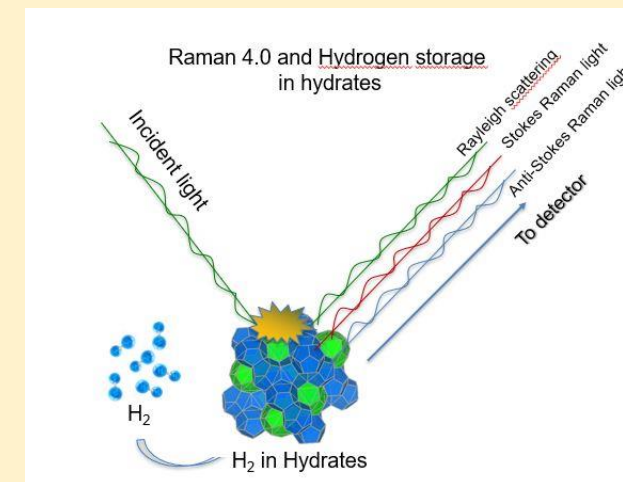


Modélisation des réservoirs

Compréhension des mécanismes d'endommagement d'alliages pour le stockage ou le transport d'hydrogène



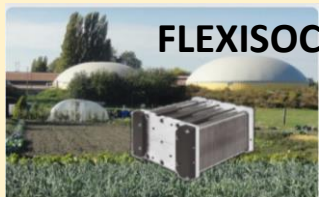
Stockage d'hydrogène sous forme d'hydrates.



Collab HORIBA FRANCE (SAS)

La chaîne de l'hydrogène et les acteurs académiques des Hauts de France

Pile à combustible à oxyde solide (SOFC)



Cofinancé par
l'Union Européenne
Medegefinancierd door
de Europese Unie

France - Wallonie - Vlaanderen



Projet CLUEDO
en cours d'expertise
(phase 3)



Pile à combustible avec un électrolyte biomimétique aqueux

Utilisation de l'acide formique pour produire de l'électricité dans une pile à combustible avec un électrolyte biomimétique aqueux qui vient se substituer à l'utilisation de métaux rares au niveau des électrodes.

Power to X



Synthèse de molécules plateformes



CO₂



CO2 captation

DME

Fuel

Recherche de molécules plateformes

Méthanol
Diméthyl Ether
Oléfines Légères
Acide Formique

Conversion
Usage

Véhicules à hydrogène



contrôleur dSPACE

1103

Elec. de
puissance

PàC

BALLARD

1.2 kW



Inductance
de lissage

SC 130 F / 54V

Banc de test Pile à Combustible / Supercondensateurs

Utilisation de l'hydrogène dans les véhicules :

- Hybridation pile à combustible / batteries
 - Hybridation pile à combustible / supercondensateurs
 - Gestion d'énergie de véhicule à hydrogène
- Applications à l'automobile, le bus le train

Partenariats stratégiques

- SNCF, MEL (programme CUMIN)
- FEMTO-ST et FC-Lab (réseau MEGEVH)
- IRH Trois Rivières (Canada, LAI eCAMPUS)



Toyota Mirai instrumentée
(L2EP et CUMIN)

Conversion
Usage

Dans le monde, 84 % de la conversion d'énergie primaire est obtenue par **combustion**



Credit: Cecile Oriot-CentraleSupélec



MONTHY

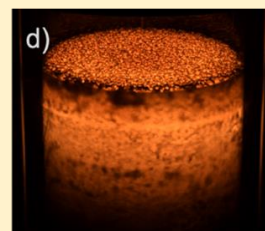
Comprendre la formation des oxydes d'azote dans les flammes d'hydrogène

Compréhension et modélisation de formation des oxydes d'azote (NOx) dans des flammes d'hydrogène turbulentes



Partenariat GE

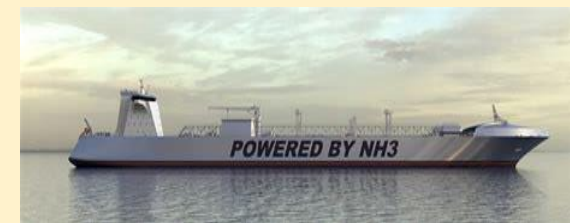
Prédire les risques associés à l'introduction d'hydrogène dans les turbines à gaz



ANR CAMPO (dépôt 2024)

Comprendre la combustion d'H₂ dans les milieux poreux

Après l'hydrogène l'ammoniac, ...



ANR SIAC

Etudier la cinétique des flammes d'ammonia

**Conversion
Usage**

Objectif du projet COMASYS est de considérer l'ensemble de la chaîne de la production de l'hydrogène à son utilisation en passant à son stockage avec l'établissement de jumeaux numériques

Small Nuclear Reactor

