

L'hydrogène
une nouvelle
énergie pour
la planète



L'hydrogène : essentiel aujourd'hui indispensable demain



Utilisé massivement comme matière 1^{ère} pour l'industrie

- > Produit / utilisé / transporté depuis plus d'un siècle
- > 60 M tonnes par an, soit \approx 30 Mds €



Une ressource illimitée

- > Extraite de l'eau (H_2O) via l'électrolyse



Une forte capacité énergétique

- > Utilisé comme combustible pour les moteurs spatiaux
- > 1kg H_2 = 33,3 kWh (3 fois plus que les combustibles conventionnels)
- > 1kg H_2 = 100 km de conduite automobile

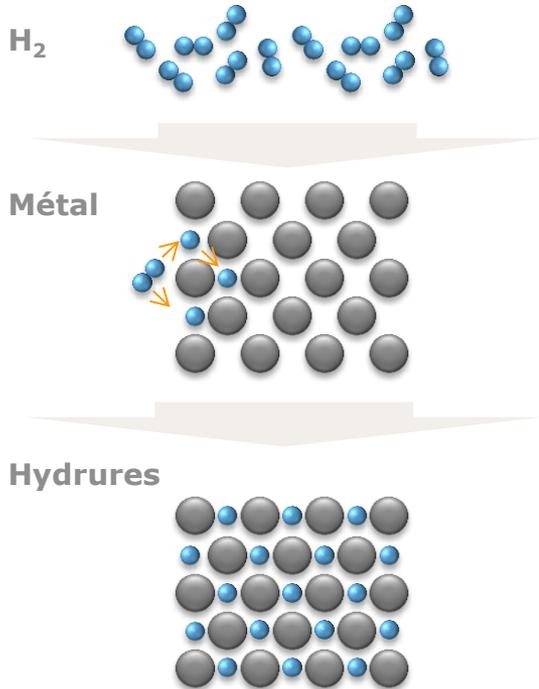


Mais un gaz extrêmement léger particulièrement difficile à stocker



Un stockage aujourd'hui maîtrisé

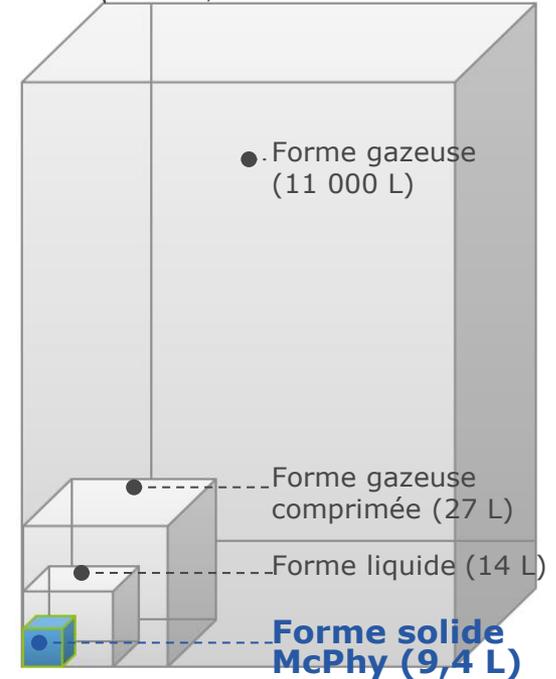
⇒ Une « éponge » à hydrogène ...



⇒ Issue de 13 ans de R&D ...



⇒ Atteignant des résultats probants : 1 kg de H₂ à différents états (en litres)



Le stockage solide est une rupture technologique

L'hydrogène : essentiel aujourd'hui indispensable demain

Production de l'énergie

Conversion

Stockage de l'énergie

Application

Énergie Solaire



Énergie Eolienne



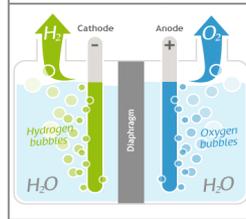
Énergie Fossile



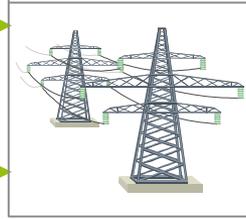
Production
 irrégulière

Production
 constante

Électrolyse



Réseau



H₂

H₂

H₂

CO₂



Mobilité
 (H₂-Fuel)



Énergie
 (Ré-
 électrification)



Industrie
 (Usage
 Industriel
 du H₂)



Moderniser le marché de l'hydrogène industriel

Cycle de production traditionnel



- > **Un marché de la consommation mondiale d'H₂ estimé à 29 Md €* en progression d'environ 7 % / an**
- > 95 % par vapo-réformage de méthane
- > 10 kg CO₂ / kg H₂

Compression / Liquéfaction



Transport



Limites des technologies actuelles

- > Peu flexible
- > Peu fiable
- > Coût accru par les distances et la rareté des infrastructures de transport (marchés émergents)
- > Lourd impact environnemental

Les contraintes industrielles et environnementales favorisent une réforme de la chaîne d'approvisionnement H₂

* Source : Freedonia, World Hydrogen – Juillet 2012

Décarboner le marché de l'hydrogène industriel

Production et stockage H₂ sur site et décarbone



Compétitif

- > Électrolyseurs : 1 000 € / kW
- > 5 € / kg de H₂
 vs. 5 € à 50 € pour les approvisionnements traditionnels (selon distance de transport)
- > ROI : 2 à 3 ans

Avantage client

- > Pas de logistique à gérer
- > Approvisionnement garanti
- > Plus grande sécurité

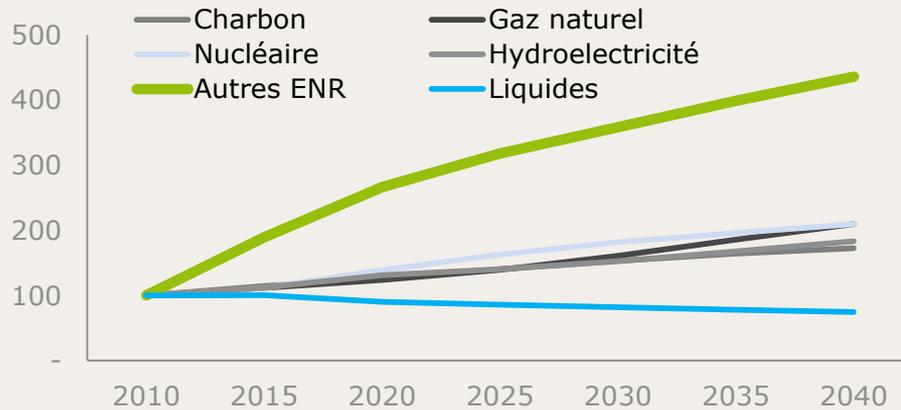
Avantage fournisseurs de gaz

- > Élargissement de la gamme de services
- > Contrats long-terme sécurisés
- > Évolution vers un modèle de service

Exploiter les énergies fatales produites par les ENR

Croissance de la production électrique mondiale

Source : U.S. Energy Information Administration 2013



The Economist

How to lose half a trillion euros

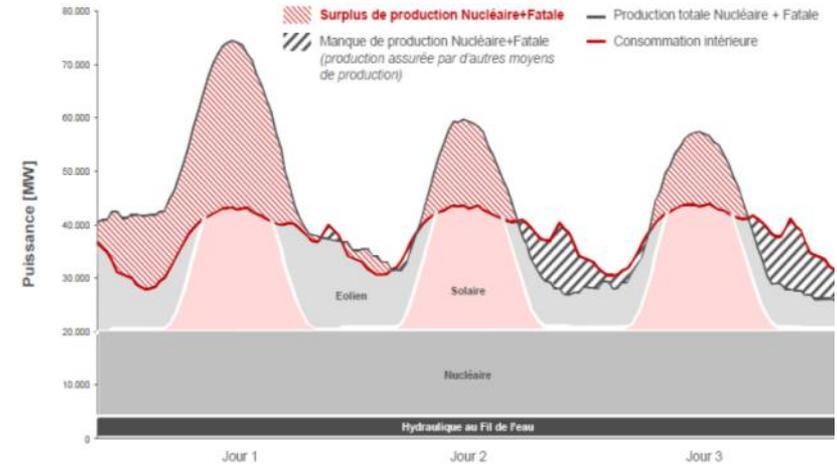
Europe's electricity providers face an existential threat

Oct 12th 2013 | From the print edition

ON JUNE 16th something very peculiar happened in Germany's electricity market. The wholesale price of electricity fell to minus €100 per megawatt hour (MWh). That is, generating companies were having to pay the managers of the grid to take their electricity. It was a bright, breezy Sunday. Demand was low. Between 2pm and 3pm, solar and wind generators produced 28.9 gigawatts (GW) of power, more than half the total. The grid at that time could not cope with more than 45GW without becoming unstable. At the peak, total generation was over 51GW; so prices went negative to encourage cutbacks and protect the grid from overloading.

Limites des technologies actuelles

- > Production irrégulière
- > Saturation des réseaux
- > Non prédictibles



La progression des ENR dans le mix énergétique nécessite de valoriser ces surplus et dépend donc du lissage et du stockage de la production

H₂ : un vecteur de stockage reconnu, puissant et flexible

Le pompage hydroélectrique représente 99 % du stockage actuel, mais...

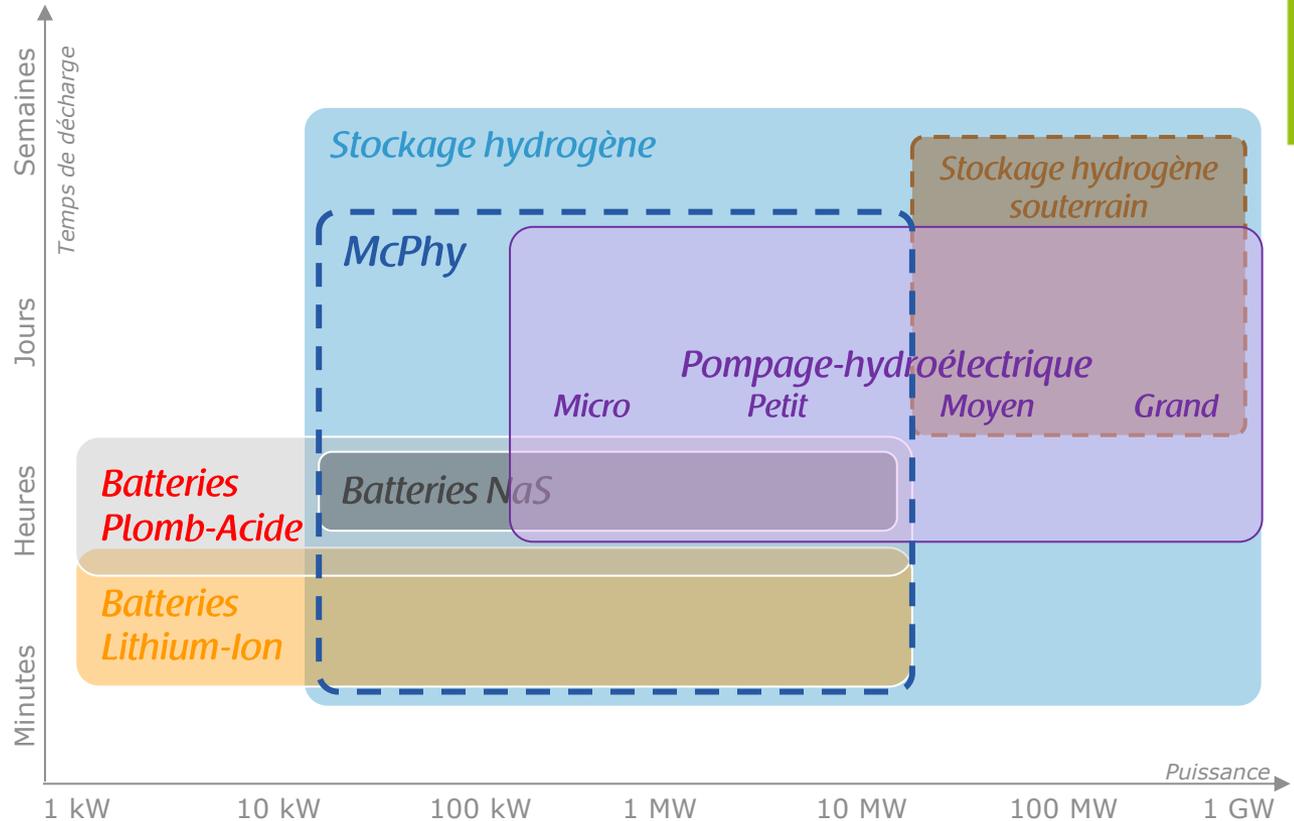
- > Faible densité énergétique
- > Nombre limité de sites
- > Impact environnemental

L'Hydrogène est une solution flexible de stockage

- > Capacité
- > Temps de décharge
- > Proximité
- > Pont entre réseaux gaziers et électriques

➤ Stockage d'énergie par puissance / temps de décharge

Source : McPhy



Valoriser les surplus d'énergie par un transport routier decarboné



Transport routier européen ≈ 17 % des émissions CO₂

Réduction nécessaire de 95%



*Les véhicules hydrogène sont sans carbone
 et présentent les mêmes avantages que les véhicules traditionnels*



Batteries

- > 150-250 km
- > Recharge : 2 à 8 heures
- > Véhicules légers uniquement

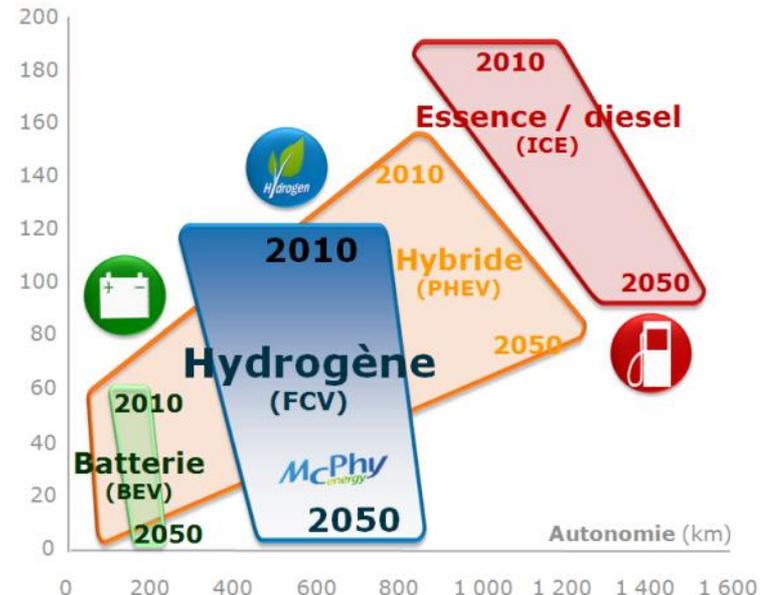


Hydrogène

- > 500 km
- > Plein : <50 €, 3 à 5 min.
- > Toutes gammes de véhicules

↳ Emissions comparées (gramme de CO₂/ km)

Source : McKinsey, Power trains for Europe



Les autos FCEV sont déjà là...

Honda (FCX Clarity)



Hyundai (ix 35 FCEV)



Toyota (FCV Concept)



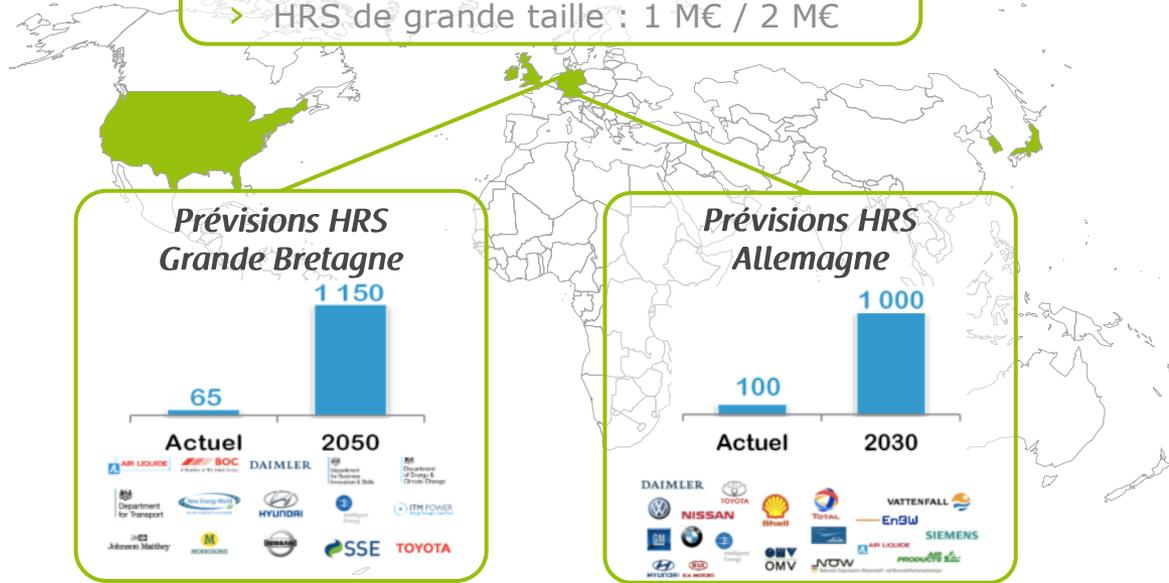
...le développement du réseau de stations HRS* déterminera la croissance de la mobilité H₂

Réseau HRS mondial

- > 330 ** vs. >230 000 stations essence (Europe, États-Unis, Japon)

Investissement unitaire HRS

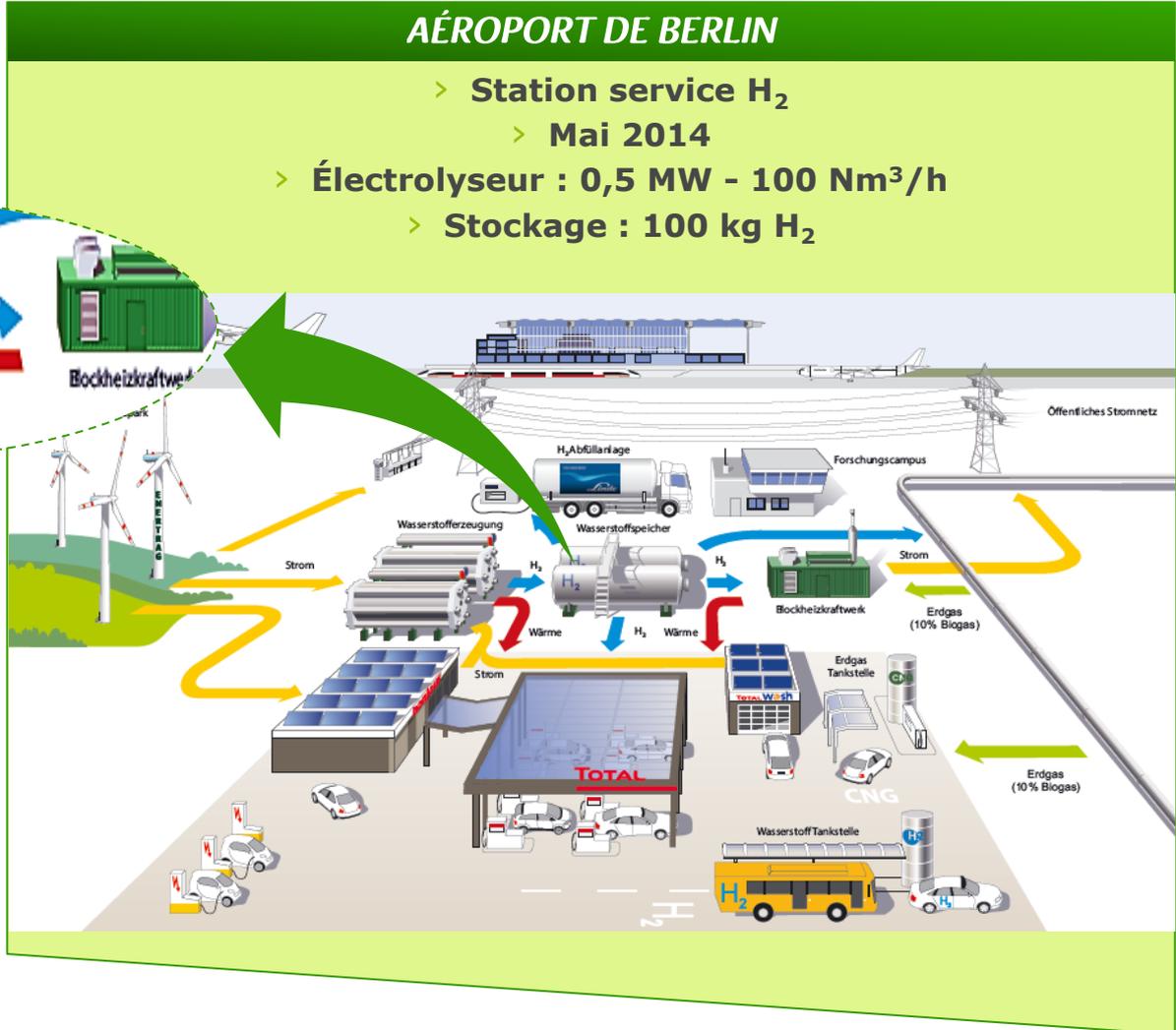
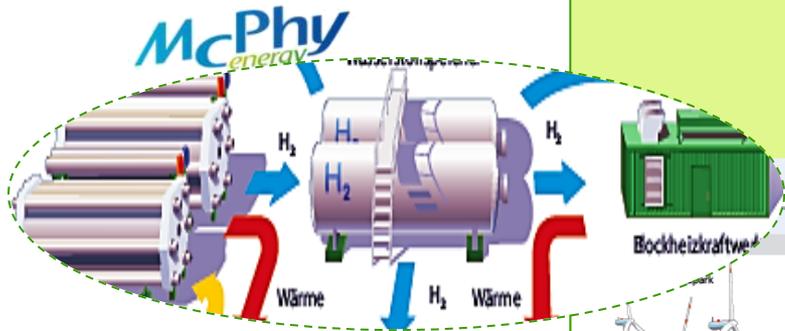
- > HRS de petite taille : 200 K€ / 300 K€
- > HRS de grande taille : 1 M€ / 2 M€



Pionniers : Allemagne, GB, Californie, Japon, Corée du sud

* HRS : Hydrogen Refueling Station

** source : H2mobility.org



PROJET WERLTE



- > 6 MW
- > Opérationnel
- > Allemagne

Valoriser les surplus d'énergie par les réseaux de gaz

Le Power to Gas permet de valoriser intelligemment les surplus d'énergie électrique

- L'énergie stockée n'est pas restreinte au site de production
- L'interconnexion des deux réseaux d'énergie électrique et gaz accroît la flexibilité
- L'efficacité globale est accrue
- Les infrastructures existantes peuvent accueillir jusqu'à 6% de H₂ dans le réseau CH₄
= un potentiel d'environ 200 milliards m³ /an* (environ 600 TWh)

* Consommation mondiale 2010 de CH₄ estimée à 3 200 milliards m³
 Source : EIA, juillet 2013

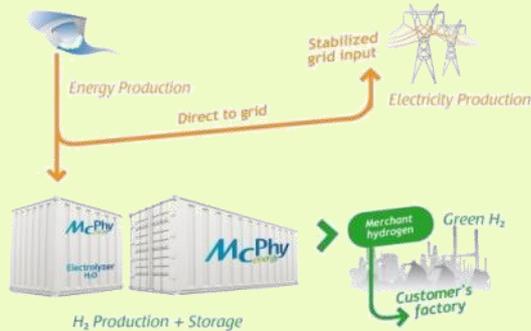


H₂ : PRODUCTION & STOCKAGE



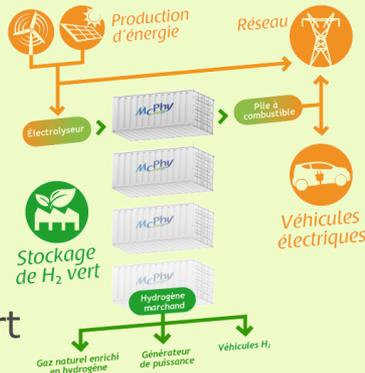
PROJET LASSHY

- > 250 kg H₂
- > 8,3 MWh
- > H₂ vert
- > Industrie
- > France
- > 2015

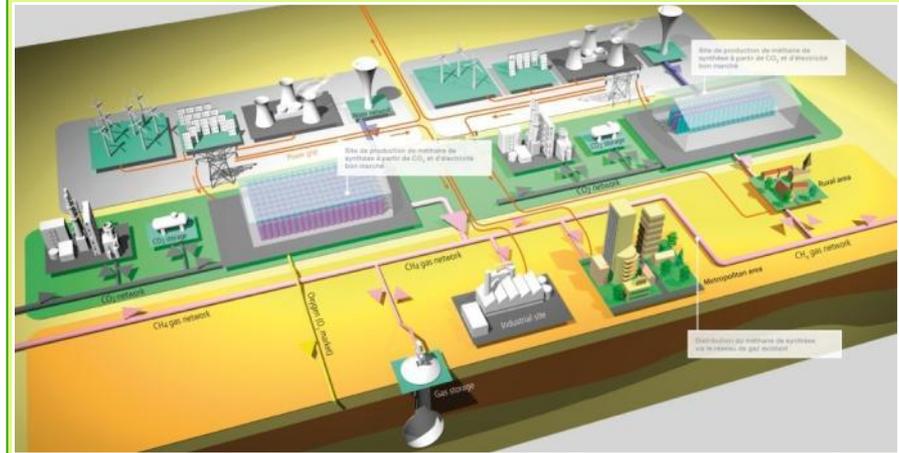


PROJET INGRID

- > 1000 kg H₂
- > 33,3 MWh
- > PtG & H₂ vert
- > industrie/transport
- > Italie
- > 2014



PROJET GRHYD



- > **Power to Gas & H₂ vert industrie/transport**
- > **2015/2016**
- > **150 kg H₂ (4,5 MWh)**
- > **Leader : GDF-Suez**

GDF SUEZ



McPhy energy

« Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir. »

Jules Verne, L'Île Mystérieuse - 1874





basé en   

Un portefeuille de produits innovants ...



Électrolyseurs
de petite
et moyenne
capacité



Électrolyseurs
de grande
capacité



Technologie
disruptive de
stockage H₂
solide

... pour adresser 2 principaux marchés en forte croissance



**HYDROGÈNE
INDUSTRIEL**

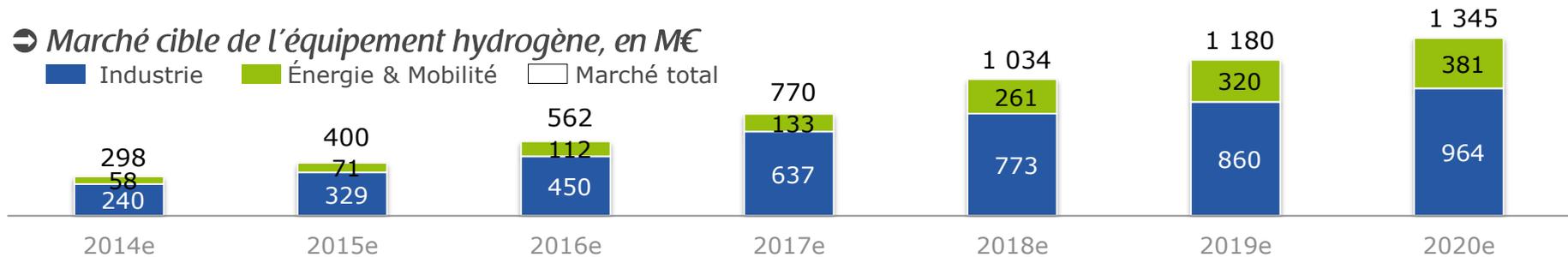


**ÉNERGIE
&
MOBILITÉ**



➤ *Marché cible de l'équipement hydrogène, en M€*

■ Industrie ■ Énergie & Mobilité □ Marché total



Source : Freedonia, Navigant Research, McPhy

Des bases solides pour un fort développement

13 ans de R&D

25 M€ levés

2 acquisitions stratégiques

- > Piel : petits électrolyseurs
- > Enertrag : grands électrolyseurs

2 lignes de produits

Stockage Électrolyseurs



Une technologie d'électrolyse mature

ÉQUIPEMENTS



Électrolyseurs
 petits et moyens
<500 kW
1/100 Nm³/h

Taille des projets ciblés :
 50/500 K€
(10/20 K€ historiquement chez PIEL)



Grands électrolyseurs
>500 kW
100/500 (ou plus)
Nm³/h

Taille des projets ciblés :
 >1 000 K€

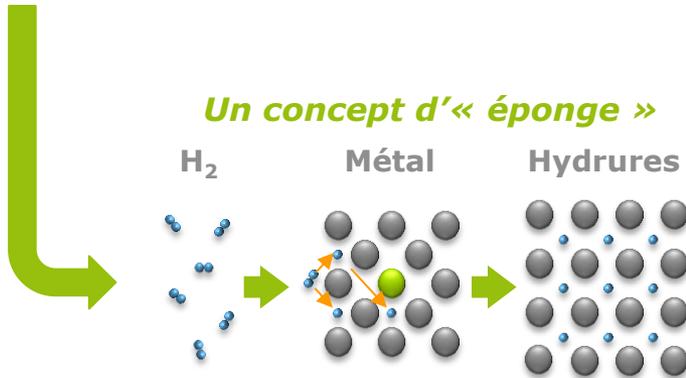
SERVICES & MAINTENANCE

- > Services : services de déploiement liés à la vente de nouveaux produits
 - > Maintenance : revenue récurrent sur des produits déjà installés

*Le seul équipementier capable de fournir une gamme complète
 en termes de taille et de pression*

Une montée en gamme sur les projets cibles

... Associée au stockage H_2 solide technologie de rupture



Des avantages décisifs

- > 13 ans de R&D, 8 brevets
 - > 3 sous licence, 3 en copropriété, 2 en propre
- > Hydrures métalliques au cœur de la technologie
- > Une densité volumétrique bien plus élevée que le gaz comprimé ou liquide
- > Un niveau de sécurité élevé

Une présence mondiale déjà affirmée

Base clients internationale
 Base installée : +1 000 clients / 3 000 électrolyseurs (*)



- Générateur d'hydrogène
- Générateur d'hydrogène avec flexibilité intégrée
- Stockage d'hydrogène

* Note : incluant les électrolyseurs vendus par PIEL avant son rachat par McPhy en décembre 2012