



AREVA H₂Gen

La production d'hydrogène par électrolyse

Idées – La voiture à Hydrogène
01 Décembre 2014

Fabien AUPRÊTRE
Directeur R&D

► AREVA H₂Gen est née de la fusion entre:

- ◆ Une PME spécialiste de l'électrolyse PEM



- ◆ L'intégration de la division électrolyseur d'AREVA

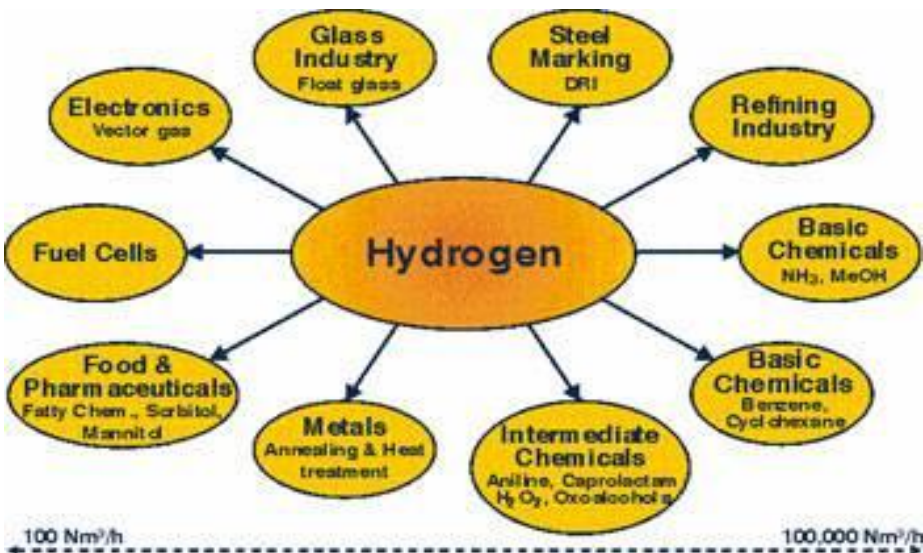
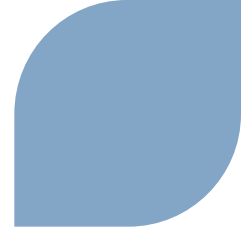


► Et de l'apport en capitaux de l'Etat Français

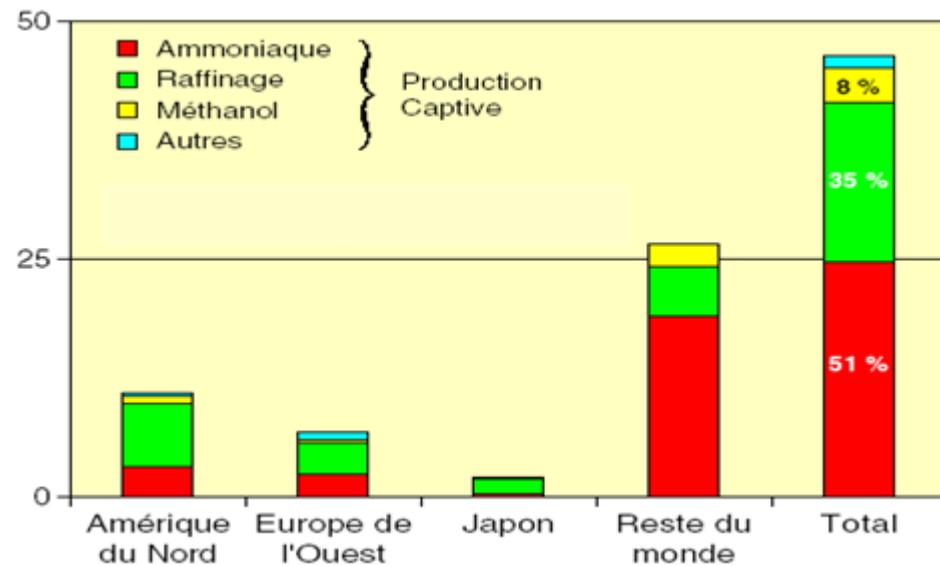


25 ans d'expertise cumulée, une expérience unique au plan européen sur l'électrolyse PEM

Les marchés de l'hydrogène



► Marchés captifs pour l'industrie



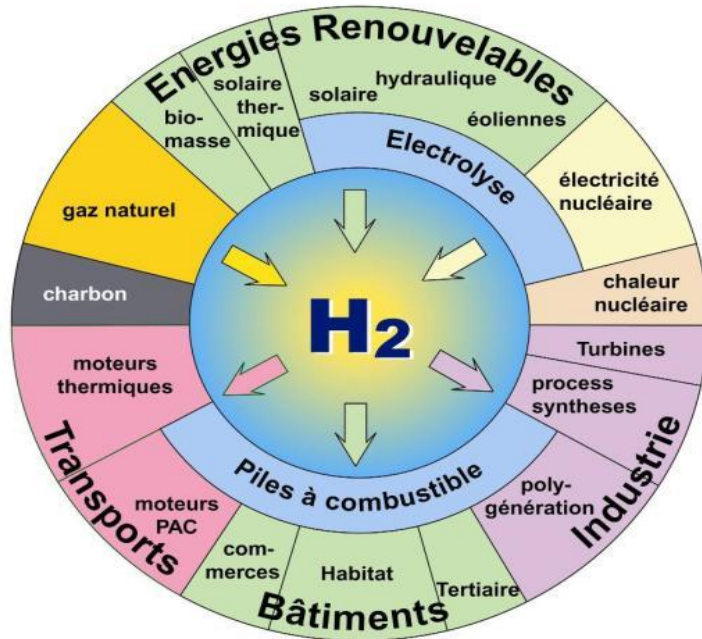
Production mondiale

- 630 Milliards de m³ (2008)
- 58 Millions de tonnes/an
- 2% de la consommation énergie mondiale

Comment produire l'hydrogène?

OFFRE

DEMANDE



source : High Level Group

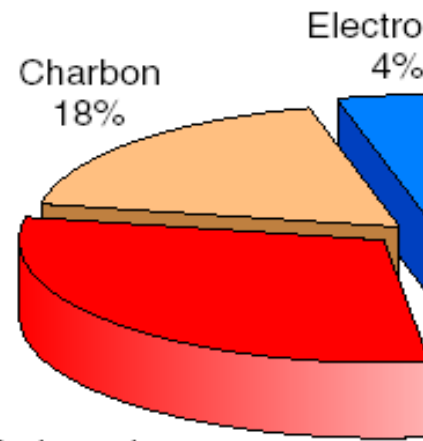


Electrolyse Chlore-soude

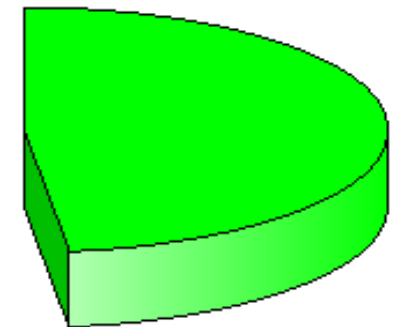


Electrolyse de l'eau

>90% (from Chlorine-sulfur electrolysis)
<10% (from water electrolysis)

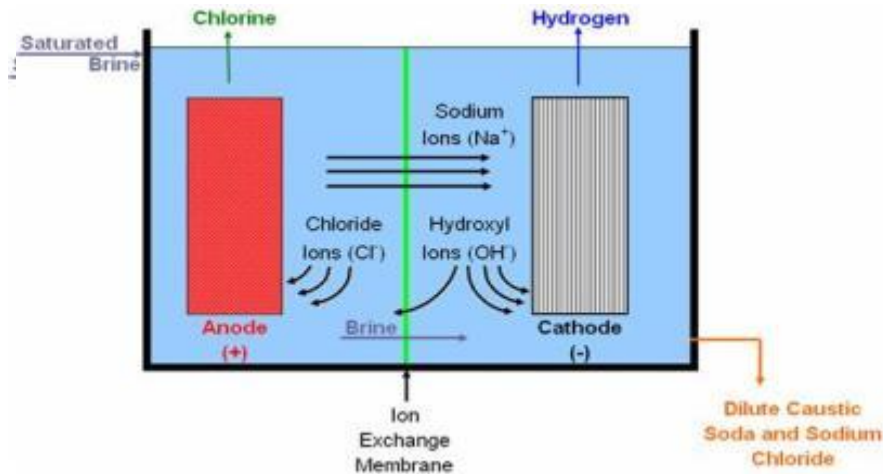


Hydrocarbures liquides 30%



Gaz naturel 48%

Electrolyse chlore-soude

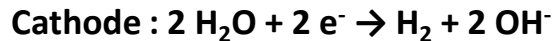
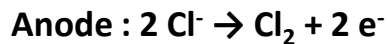


► 3 technologies



Chlor-alkali cell room – Uhde GmbH

Réactions aux interfaces



Marchés

- Acide Chlorhydrique
- Désinfectants
- Produit pharmaceutiques
- Herbicides
- Détergents
- Pesticides
- Déodorants
- Plastics
- ...

AREVA H₂Gen

L'Hydrogène est un produit secondaire = « H2 fatal »
Technologie industrielle mature
Fonctionnement continu basse pression

Electrolyse de l'eau

Les marchés

Electrolysis markets

Applications:

Industry	Transportation & fueling	Electricity storage
		



Market maturity

Mature 	Developing 	Introduction 
---	---	---

Underlying market growth:

<ul style="list-style-type: none"> Stable growth in industrial production – stable level of hydrogen capacity additions 	<ul style="list-style-type: none"> Roll-out of fuel cell electrical vehicles targeted 2015-16 in some countries 	<ul style="list-style-type: none"> Growth in inflexible wind and solar power capacity driver for hydrogen energy storage 
--	--	---

Electrolysis penetration:

-  Other
-  Electrolysis

<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis selected when no access to steam reforming 	<ul style="list-style-type: none"> Split between offsite hydrogen from reforming and onsite hydrogen from electrolysis 	<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis the sole technology for conversion of electricity to hydrogen
---	---	--

Electrolyse de l'eau

Les marchés



▶ Marchés confidentiels

- ◆ Spatial
- ◆ Militaire



▶ Marchés de faible débit

- ◆ Equipement de laboratoire
- ◆ Météorologie
- ◆ Bijouterie



▶ Marchés industriels

- ◆ Centrale électrique
- ◆ Métallurgie
- ◆ Industrie du verre
- ◆ Industrie alimentaire



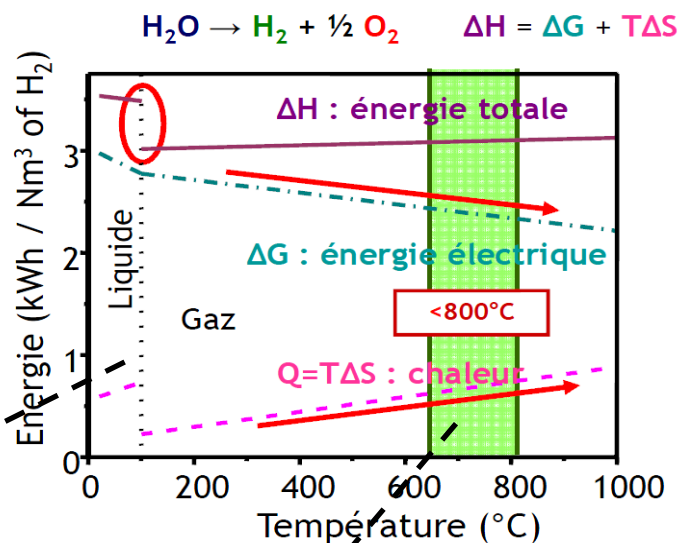
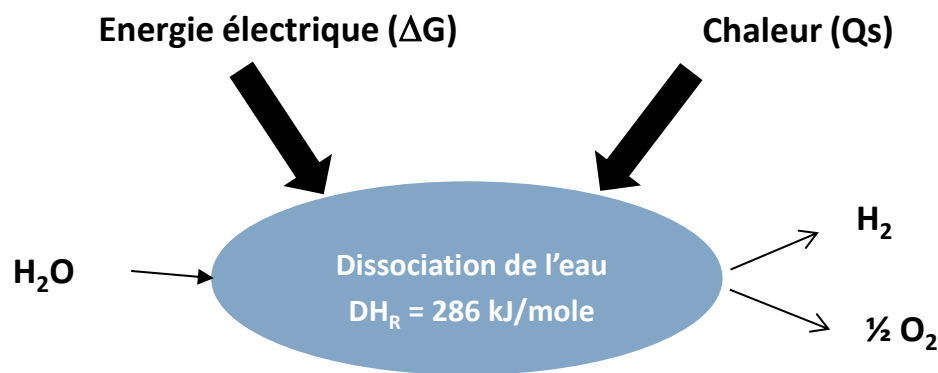
ARE

Histoire

- 1789 : invention de l'électrolyse par Dutch men P. van Troostwijk
- 1820 : Principe de l'électrolyse clarifié par Faraday
- 1834 : Première utilisation du mot électrolyse par Faraday

L'électrolyse de l'eau

Le principe



Source: Chase NIST-JANAF Thermochemical Tables (1998) Monograph 9, 1325

Electrolyse Basse Température

- Electrolyse alcaline à électrolyte liquide
- Electrolyse acide à électrolyte solide (PEM)

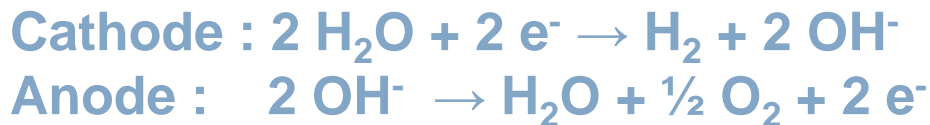
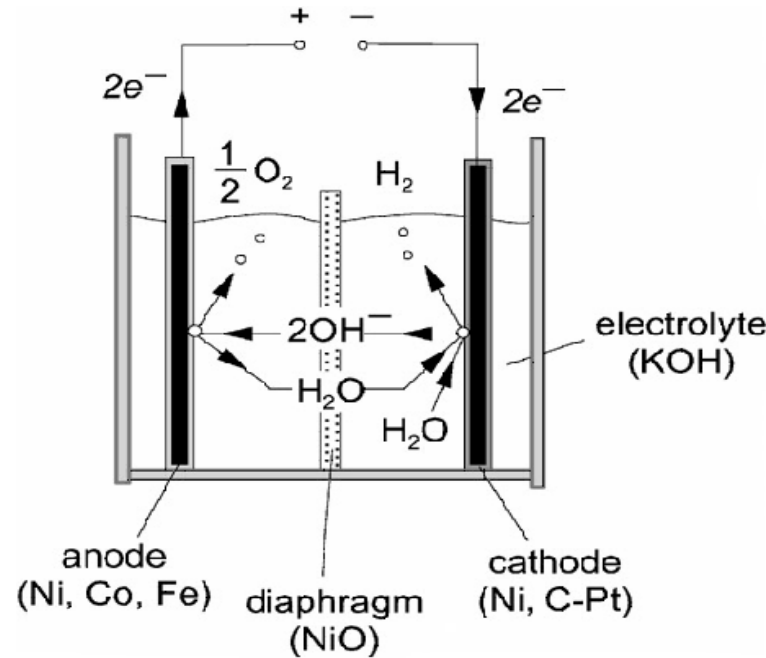
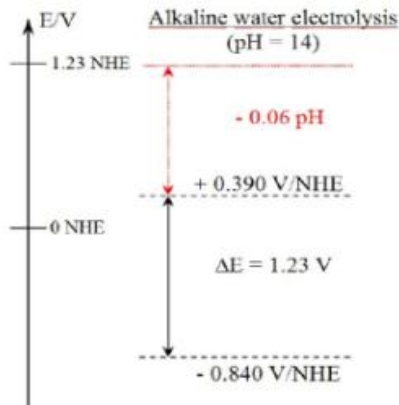
Electrolyse Haute Température

- Electrolyse de la vapeur d'eau (EVHT)

Histoire

- 1900 : premier électrolyseur industriel bipolaire
- 1939 : Premier électrolyseur de 10 000 Nm³/h
- 1951 : Lurgi présente le premier électrolyseur haute pression (30 bar)

Electrolyse alcaline (BT à électrolyte liquide)



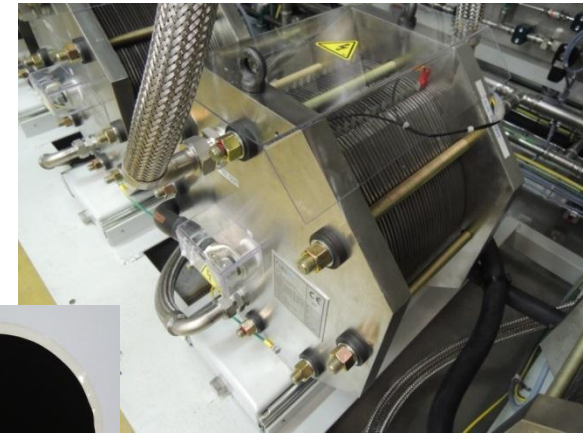
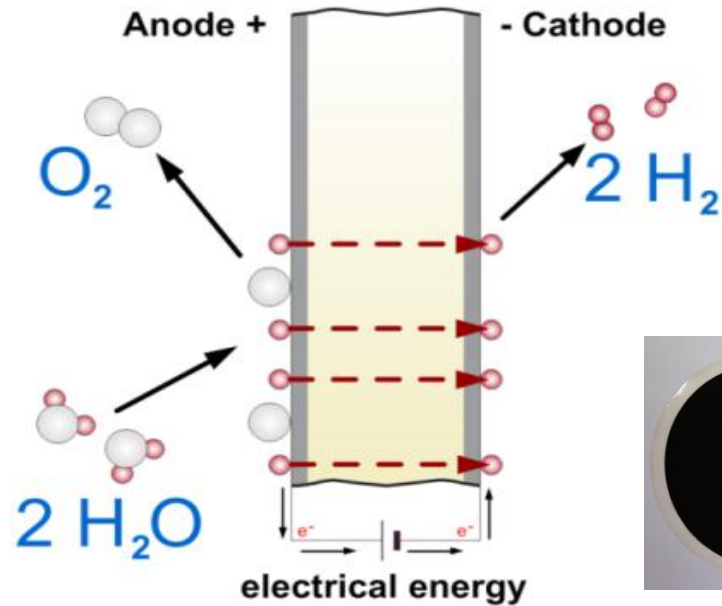
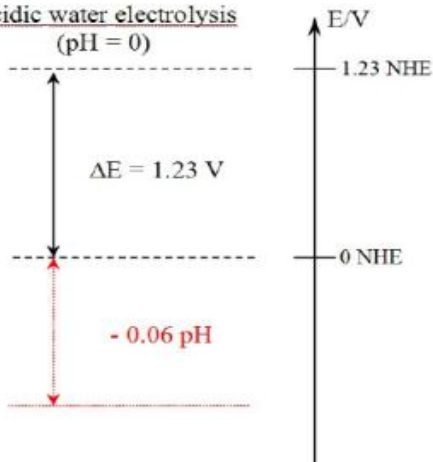
Electrolyte : 30% KOH liquide
Température de fonctionnement : 60-80°C
Pression de fonctionnement : < 30 bar
Densité de courant: 0,2 – 0,8 A/cm²
Conso élec: 4,3 – 6,5 kWh/Nm³

Histoire

- 1962-66 : Programme Gemini-Apollo et première cellule polymère
- 1966 : Premier électrolyseur SPE par GE
- 1987 : Premier électrolyseur 100 kW par BBC (ABB)

Electrolyse PEM (BT à électrolyte solide)

Acidic water electrolysis
(pH = 0)



Electrolyte : polymère

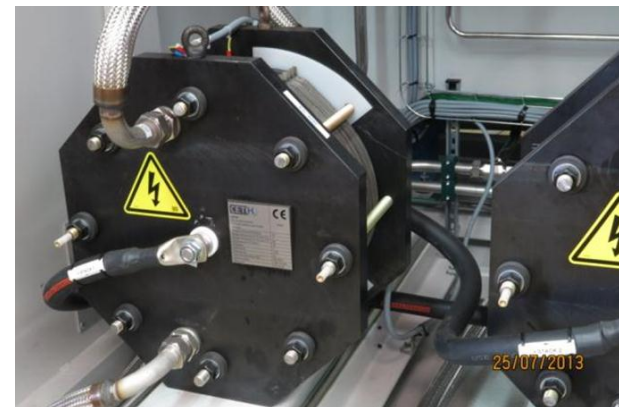
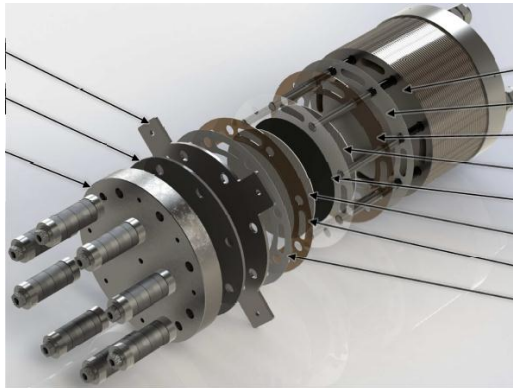
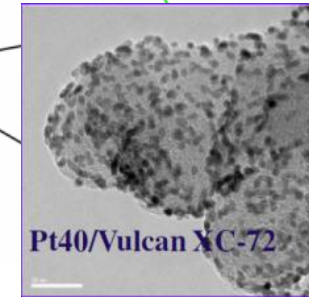
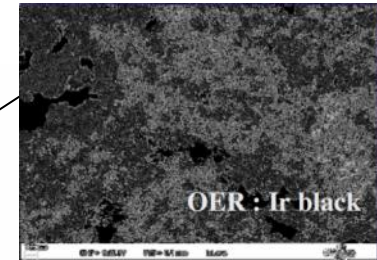
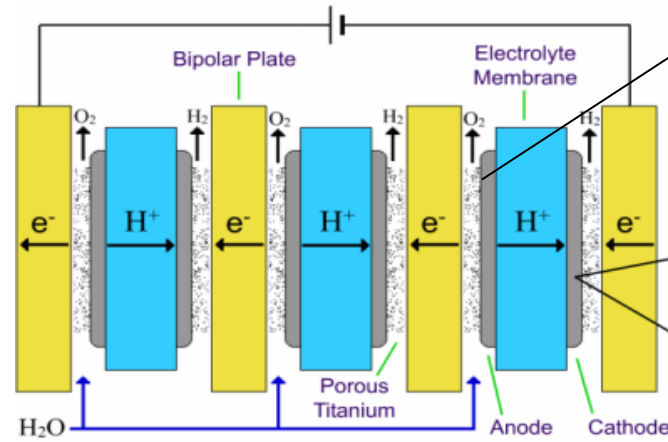
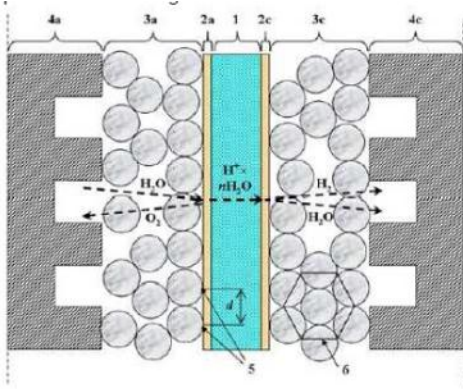
Température de fonctionnement : 60-90°C

Pression de fonctionnement : 10-200 bar

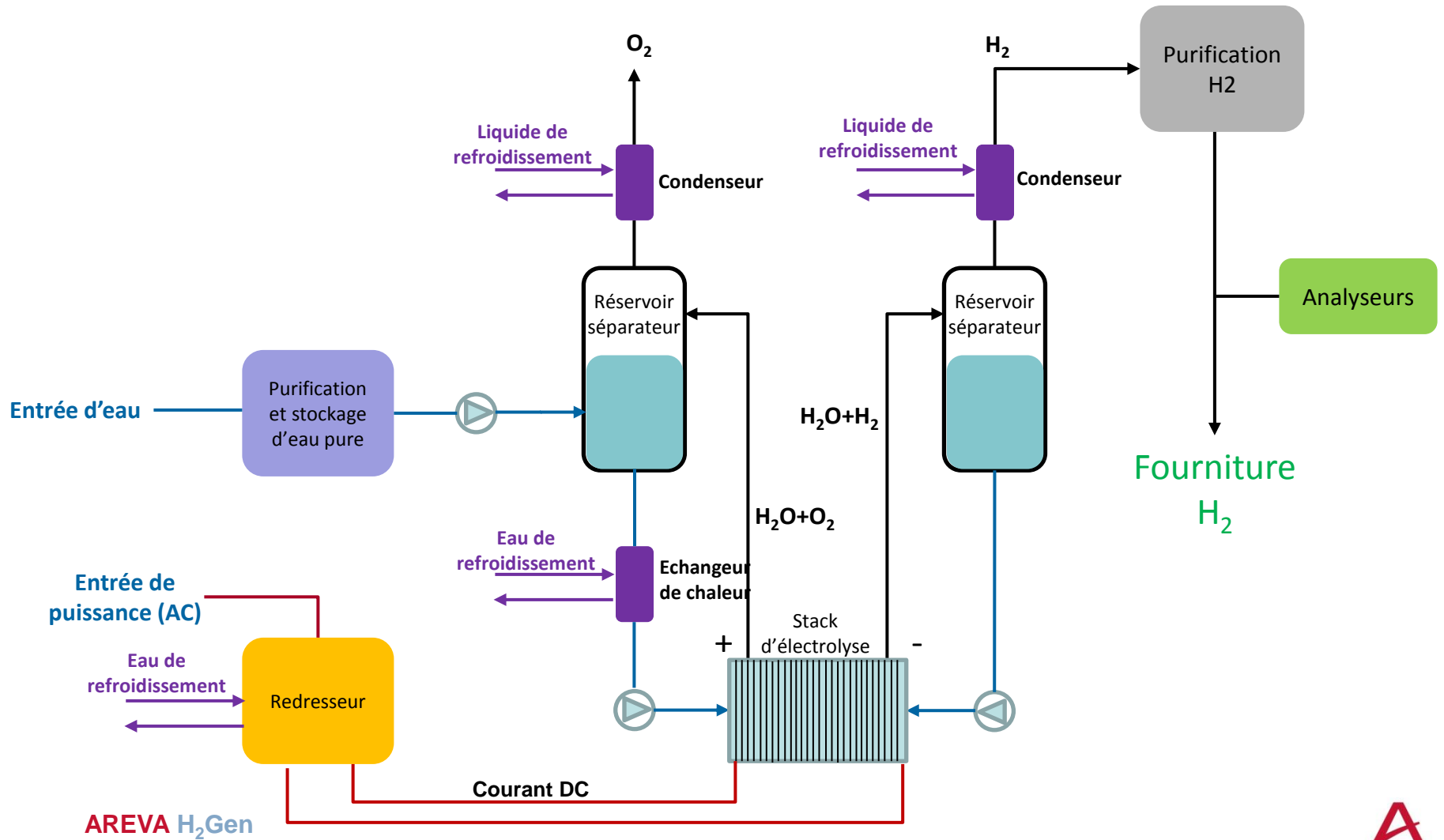
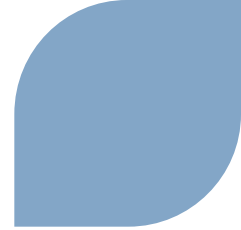
Densité de courant: 0,8 – 2 (10) A/cm²

Conso élec: 4,3 – 6,5 kWh/Nm³

Electrolyse PEM Cellule & Stack



Electrolyseur



AREVA H₂Gen

A quoi ça ressemble?

CE Certified



Electrical cabinet

- HMI : 15' colour touch screen

Rectifiers 210 kVA

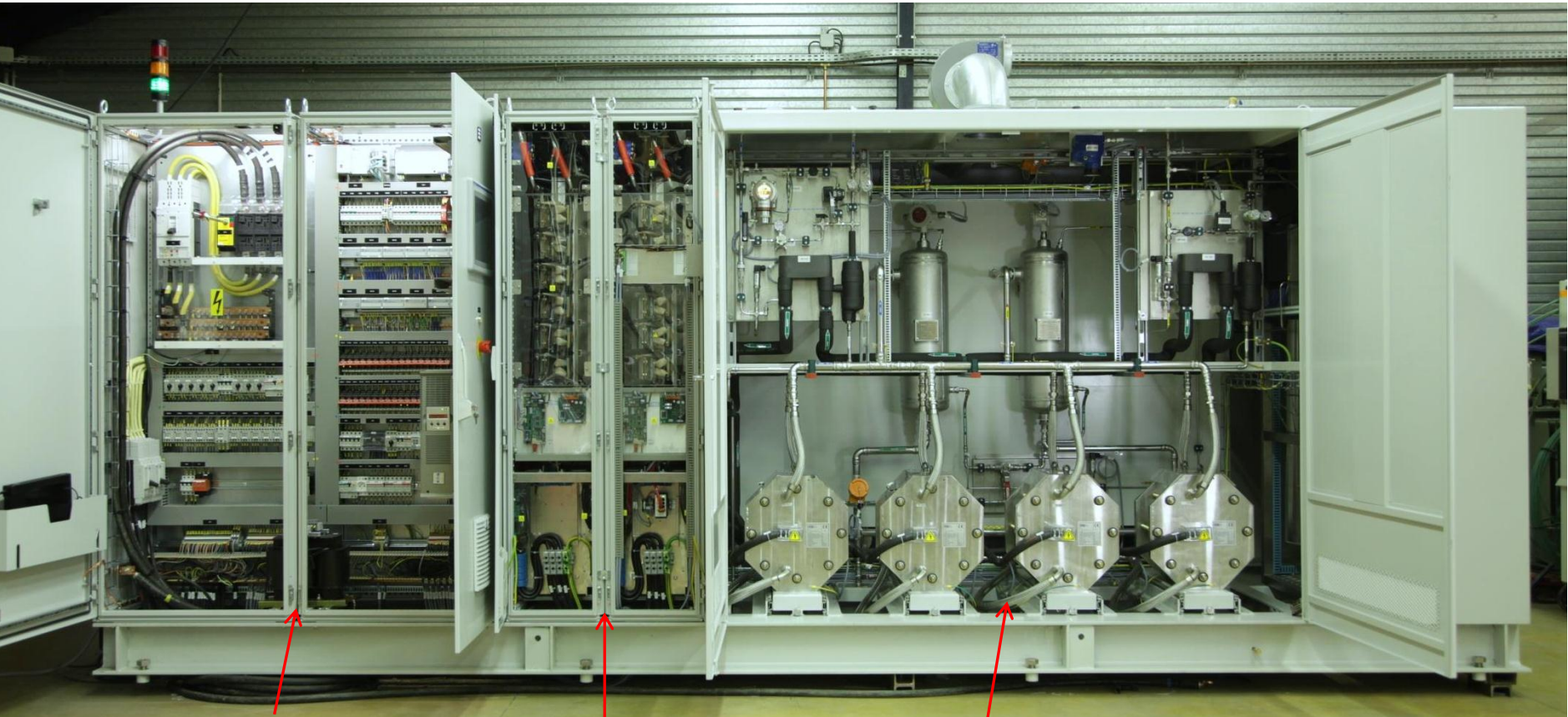
Gas Skid

Purification Unit

- H₂ quality : 99,999%

AREVA H₂Gen

All in One platform concept



Electrical cabinet

- SIL 1 PLC : Allen Bradley
- UPS : for proper shutdown

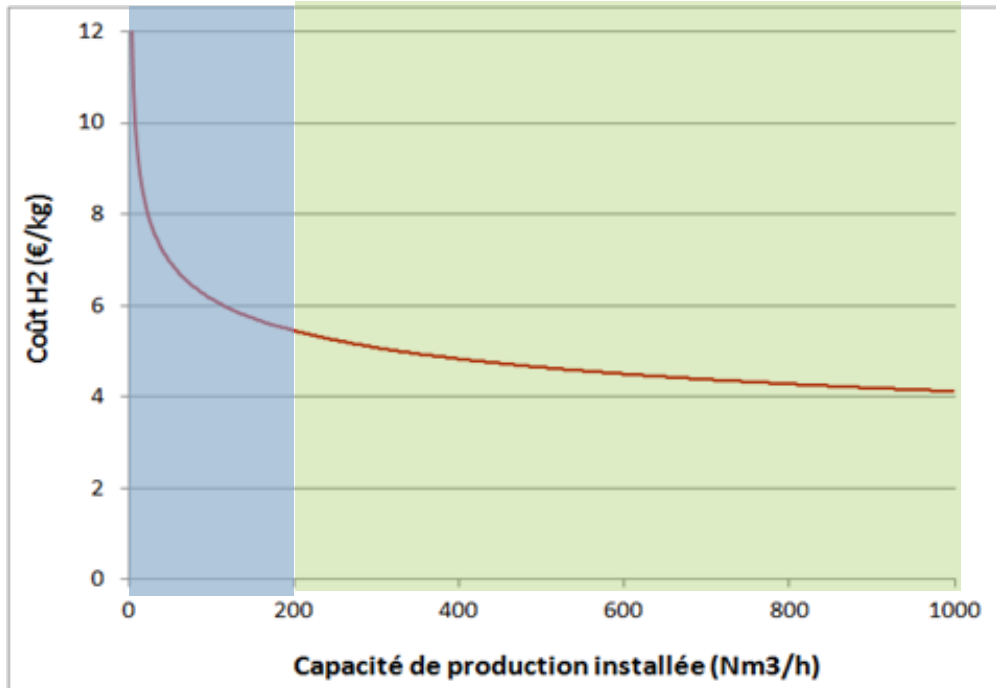
Rectifier

- 2 cabinets
- 95 kW each
- 300A / 350 V

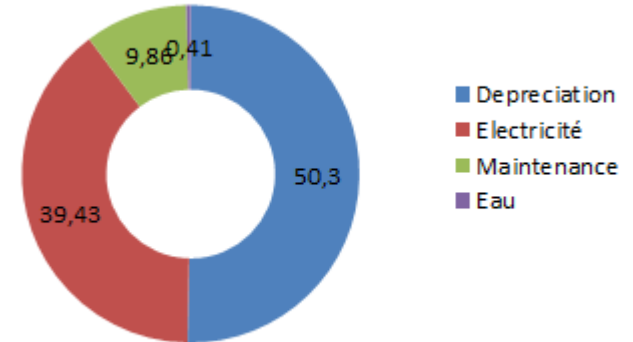
Gas Skid

- 4 stacks of 8 Nm³/h each
- Stacks are CE certified
- 2 separator tanks SS316L CE certified

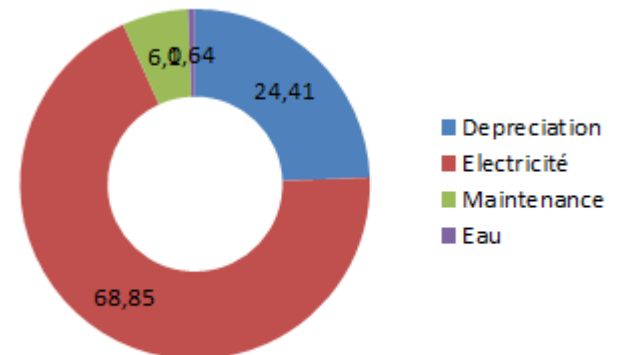
Coût de l'hydrogène?



Prix électricité: 0,07 €/kWh
 Dépréciation: 10 ans
 Disponibilité: 70%



Electrolyseur 20 Nm³/h

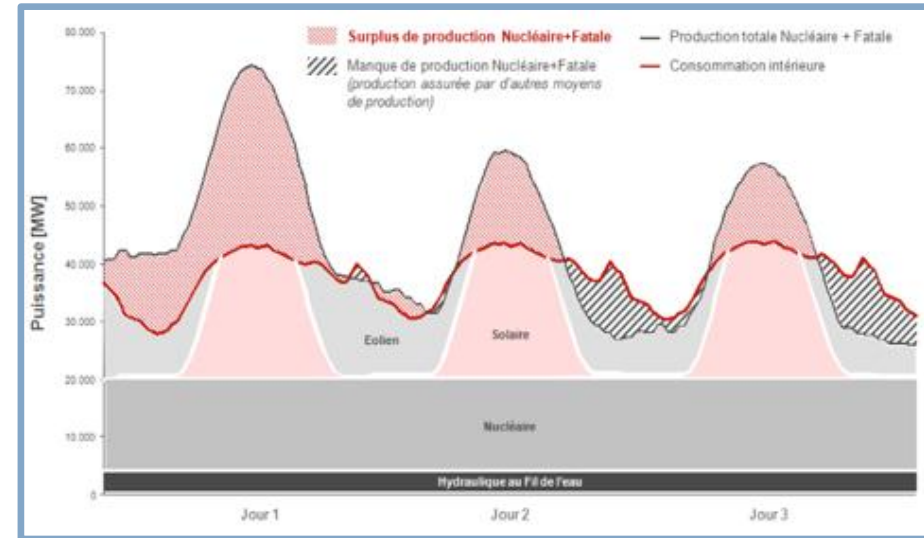
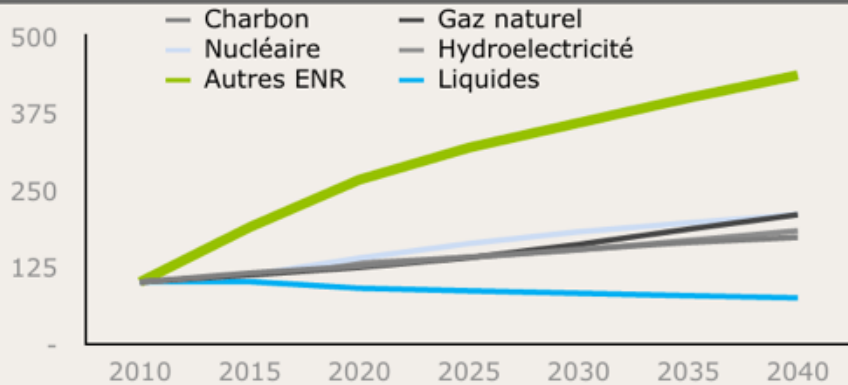


Electrolyseur 300 Nm³/h

Pourquoi l'électrolyse?

Croissance de la production électrique mondiale

Source : U.S. Energy Information Administration 2013

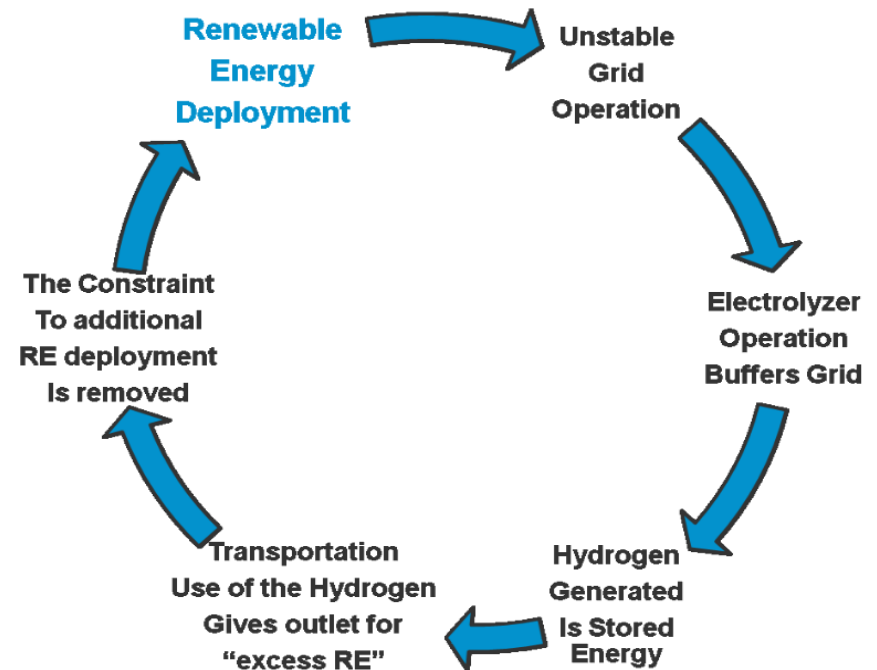
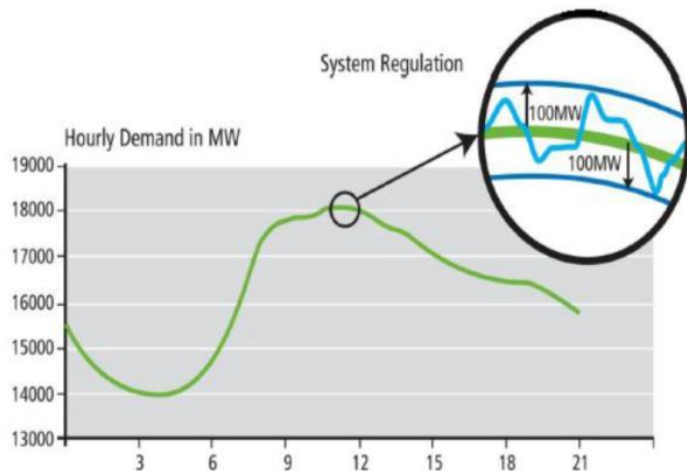
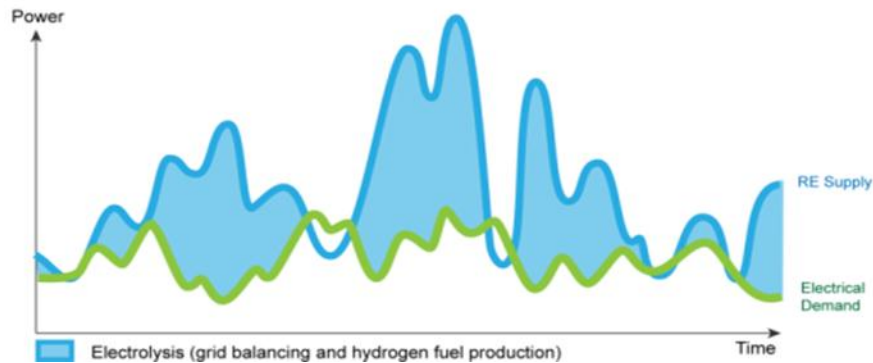


- ▶ **Production irrégulière**
- ▶ **Saturation des réseaux**
- ▶ **Non prédictibles**

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

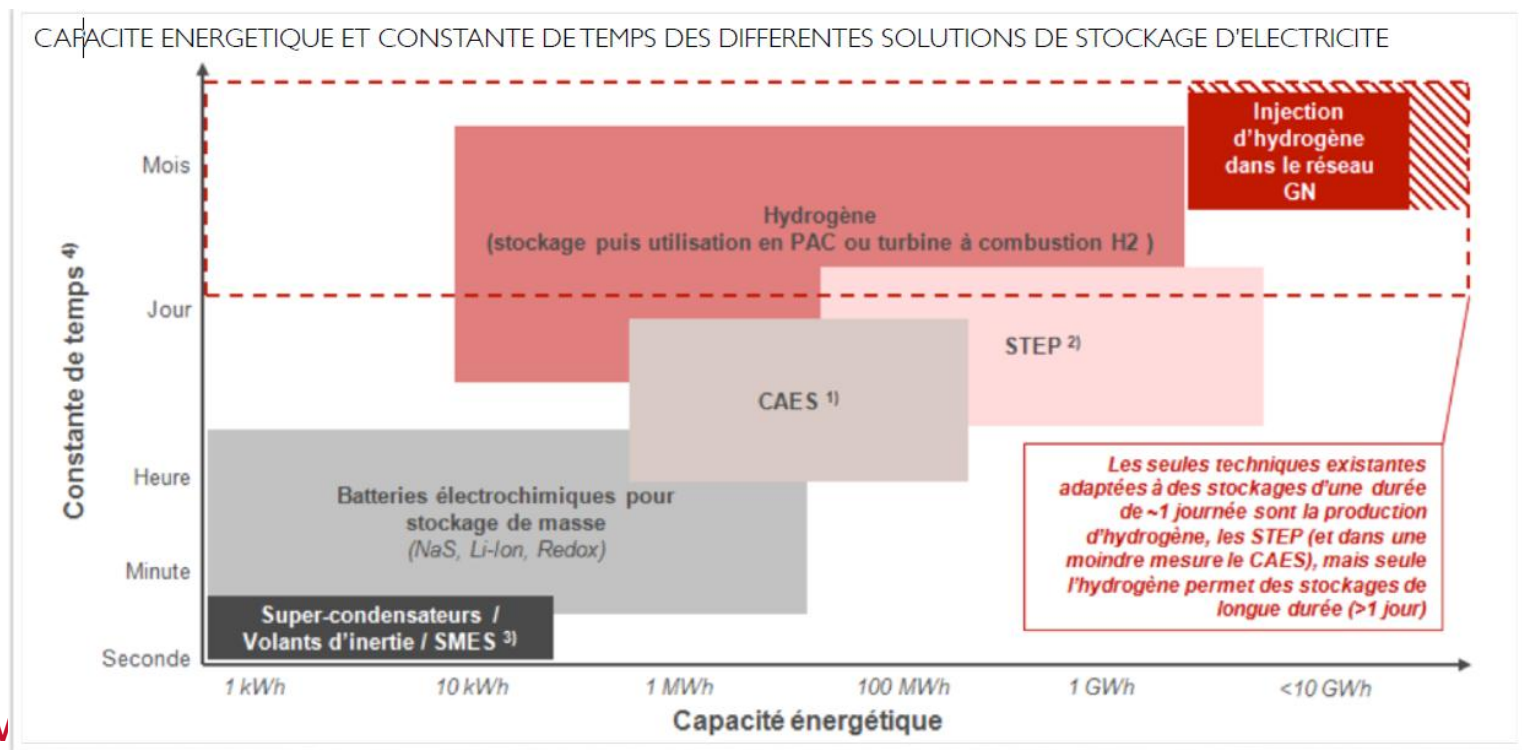
Electrolyse est une solution!

Mettre en place une « charge dynamique » en adéquation avec la production pour réguler le réseau

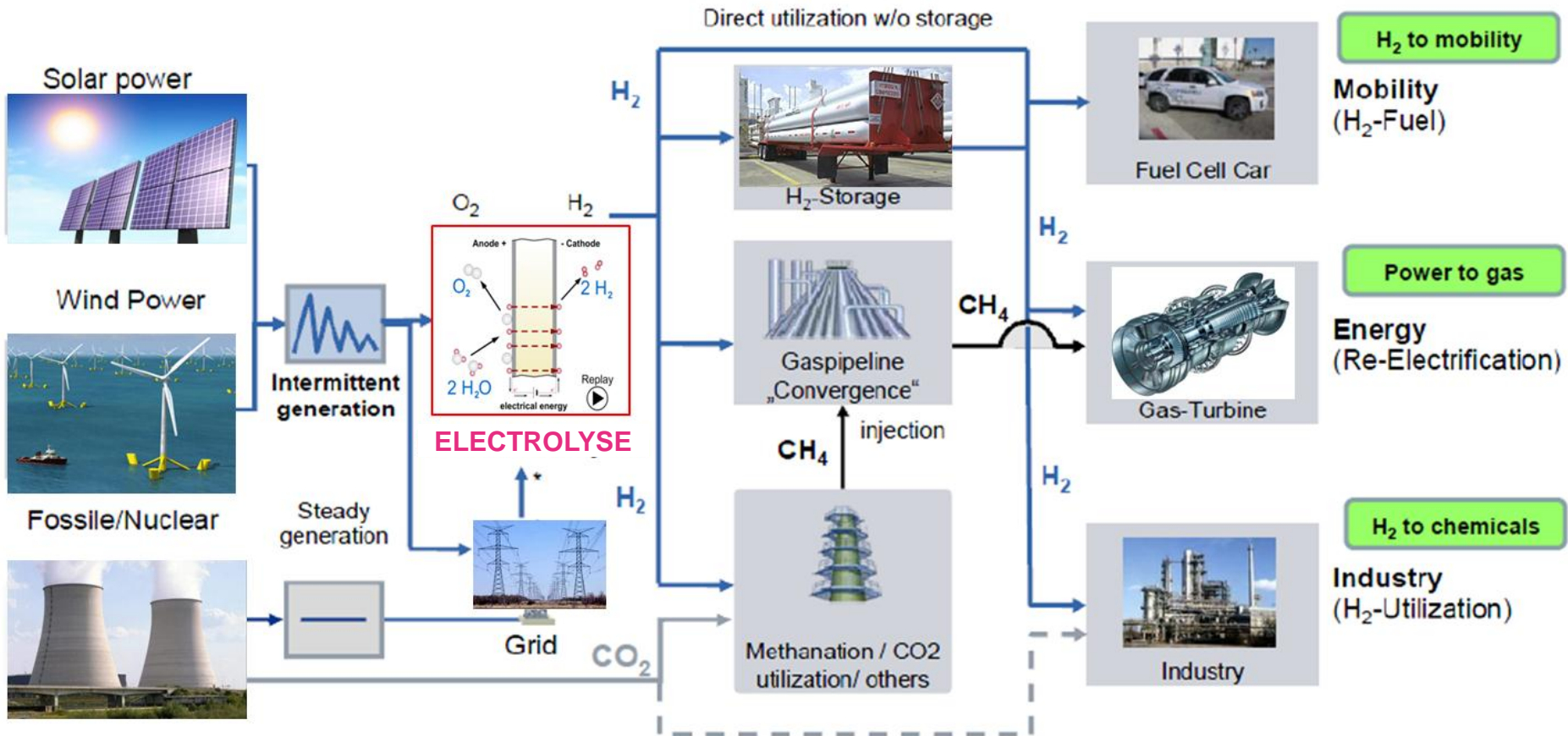


De sérieux atouts!

- ▶ Augmente la capacité du réseau à recevoir un part importante d'énergies renouvelables dans le mix énergétique
 - ◆ Apporte une capacité de stabilisation du réseau
 - ◆ Apporte une capacité de stockage de l'électricité



De multiples voies de valorisation



Pour la mobilité...

- ▶ Permet le développement de moyens de transport électrifié « Zéro émissions »

- ◆ Chariots élévateurs



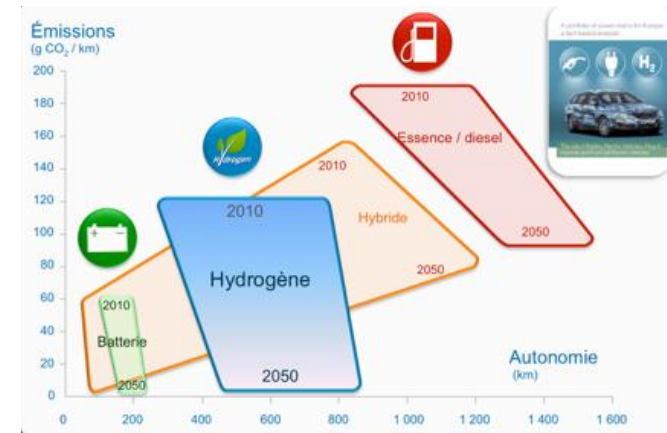
- ◆ Flottes de bus



- ◆ Flottes captives



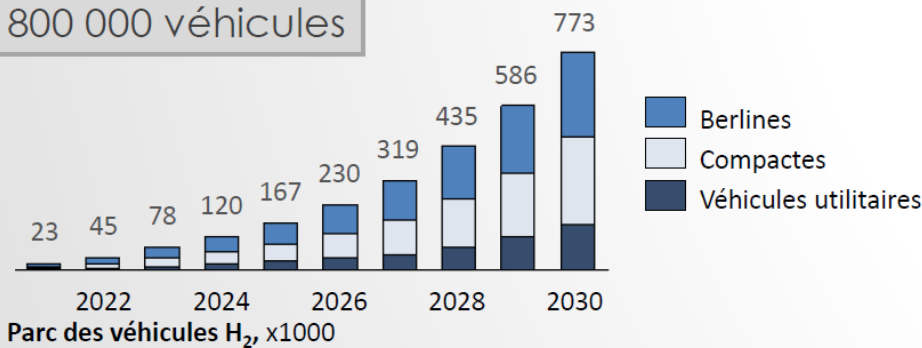
- ◆ Grand public



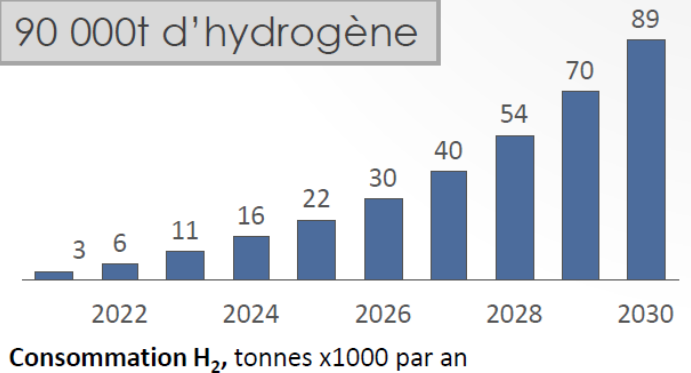
... avec des perspectives importantes

Travaux de l'étude H₂ Mobility France

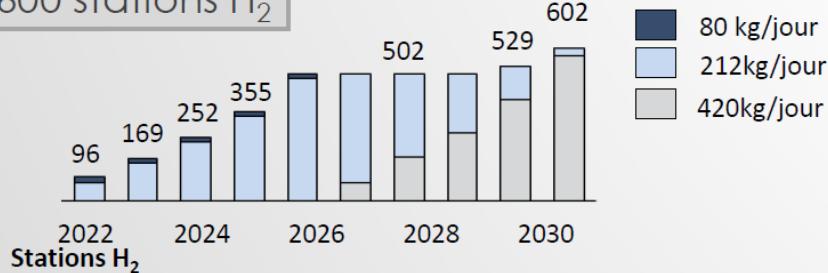
800 000 véhicules



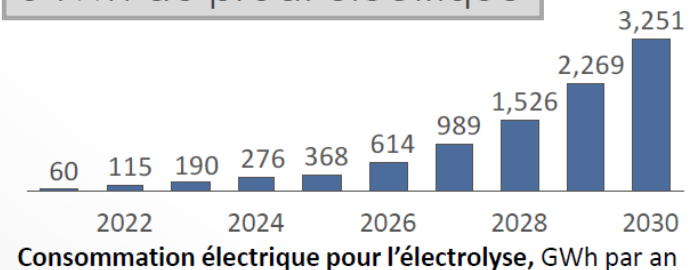
90 000t d'hydrogène



600 stations H₂

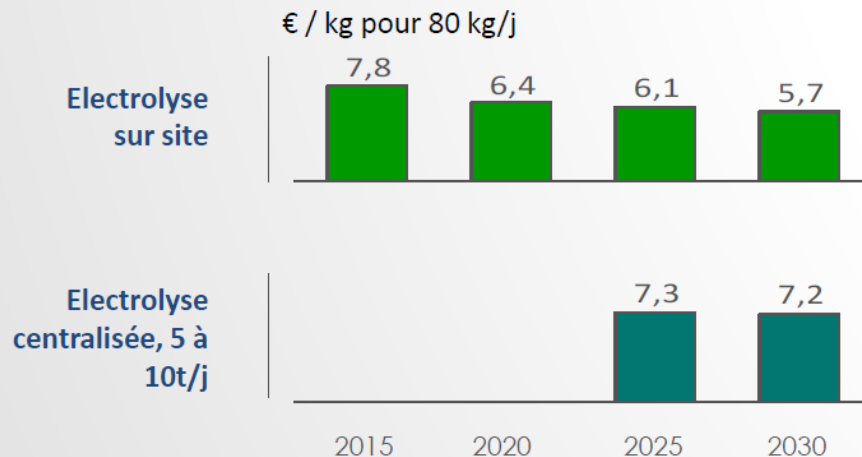


3 TWh de prod. électrique



... et un prix compétitif

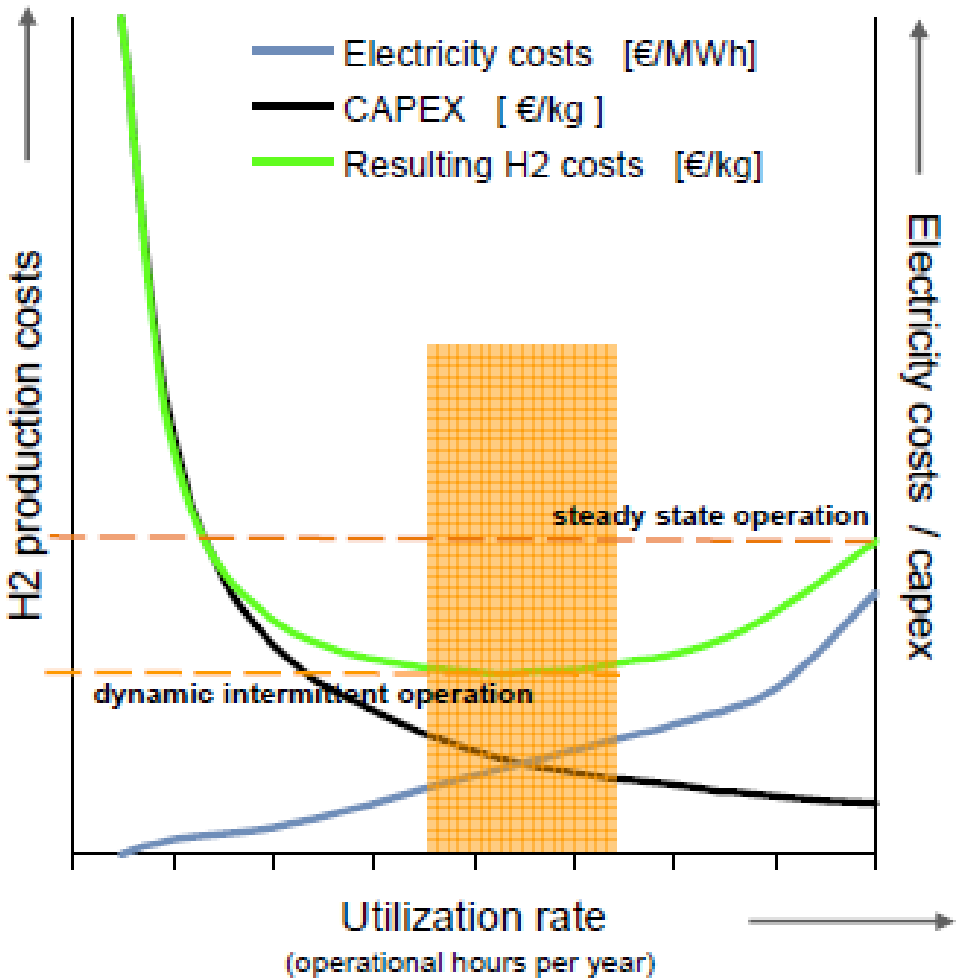
LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR ÉLECTROLYSE DEVIENT COMPÉTITIVE DÈS QUE LA STATION EST A PLUS DE 150KM ENVIRON D'UN SITE DE PRODUCTION INDUSTRIELLE



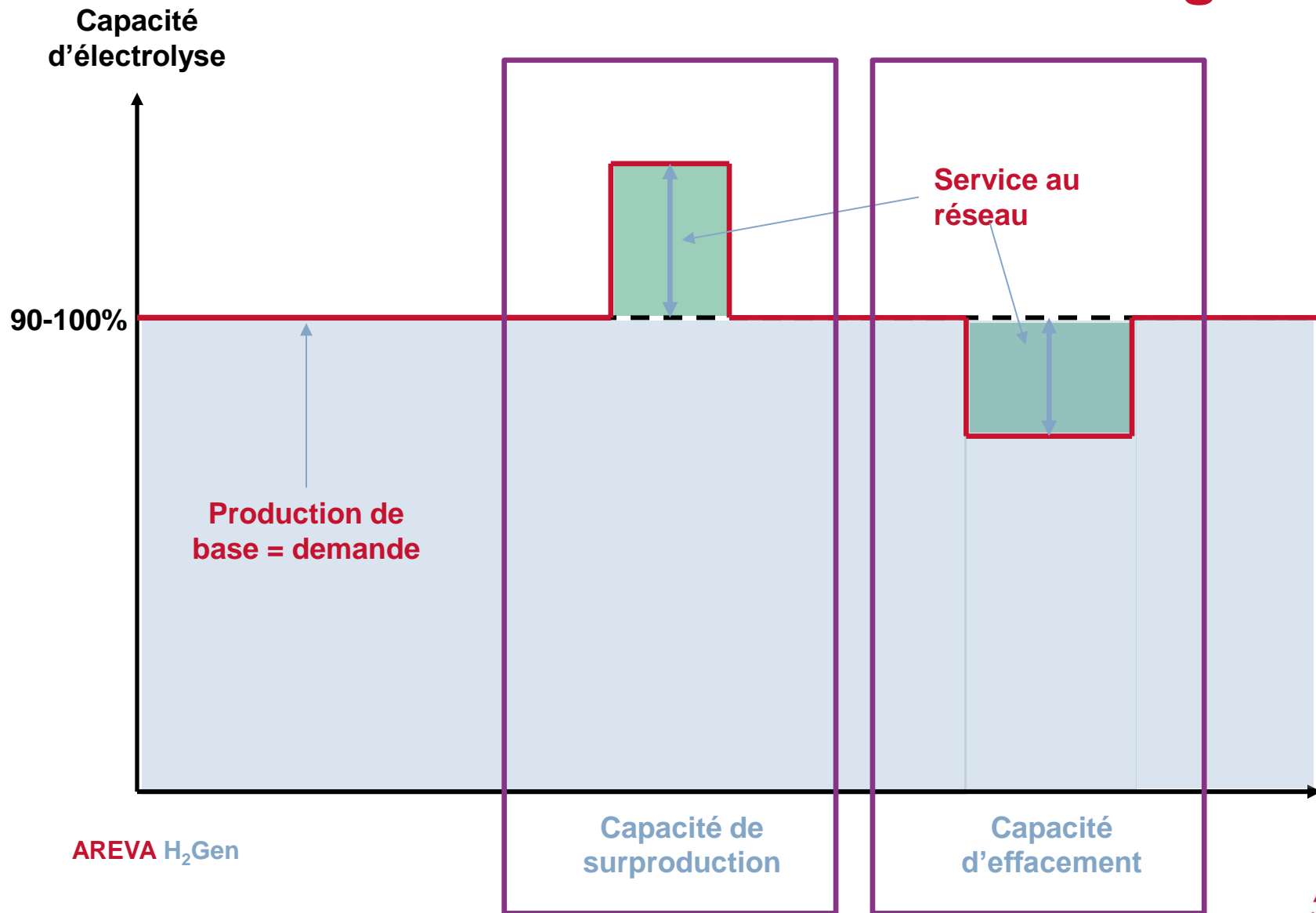
Hypothèses :

- Hors marges, compression et cout de distribution pour l'électrolyse centralisée
- En incluant des services réseau électrique évalués à ~1€/kg

Des business model à explorer

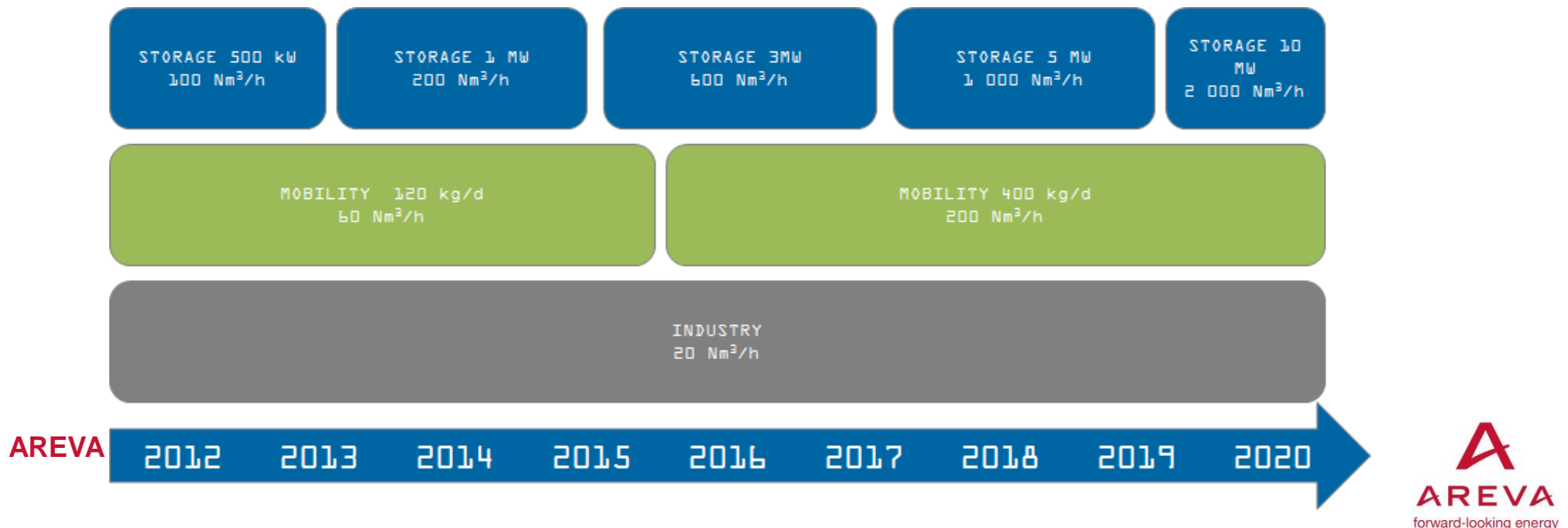


De l'intérêt du stockage



Nos challenges d'aujourd'hui et de demain

- ▶ Forte capacité
- ▶ Large plage de fonctionnement : 0 - 200 %
- ▶ Fort rendement
- ▶ Faible temps de réponse
- ▶ Fiabilité vis-à-vis de la fluctuation d'alimentation
- ▶ Production sous pression pour certaines applications nécessitant du stockage ou du transport



Merci de votre attention!



Fabien AUPRÊTRE
CTO

AREVA H₂Gen
ZI de la Prairie, 10 rue de la Prairie
F-91140 Villebon sur Yvette – France
Mob: +33 6 30 75 42 68 – Tel: +33 1 79 36 02 83
Fabien.aupretre@arevah2gen.com
www.arevah2gen.com