



Batteries et Hydrogène : quels apports pour la transition énergétique ?

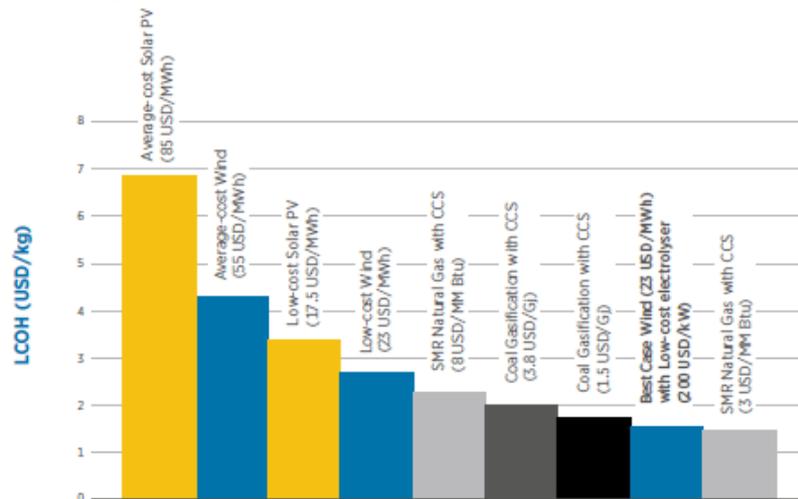
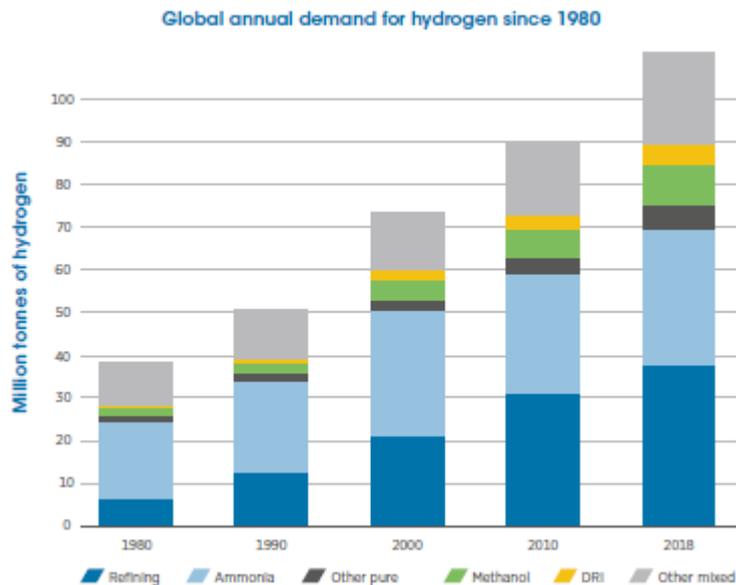
Production, Stockage et usages de l'hydrogène

Bruno FOURNEL

21 Novembre 2019, TOURS

Un marché dominé par les besoins industriels : Raffinage, et agricoles : Ammoniaque

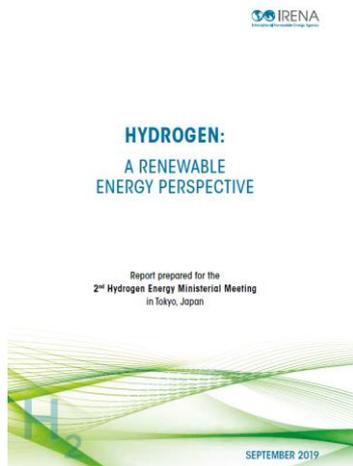
Un coût de production concurrencé par le réformage des combustibles fossiles



Notes: Electrolyser capex: USD 840/kW; Efficiency: 65%; Electrolyser load factor equals to either solar or wind reference capacity factors. For sake of simplicity, all reference capacity factors are set at 48% for wind farms and 26% for solar PV systems.

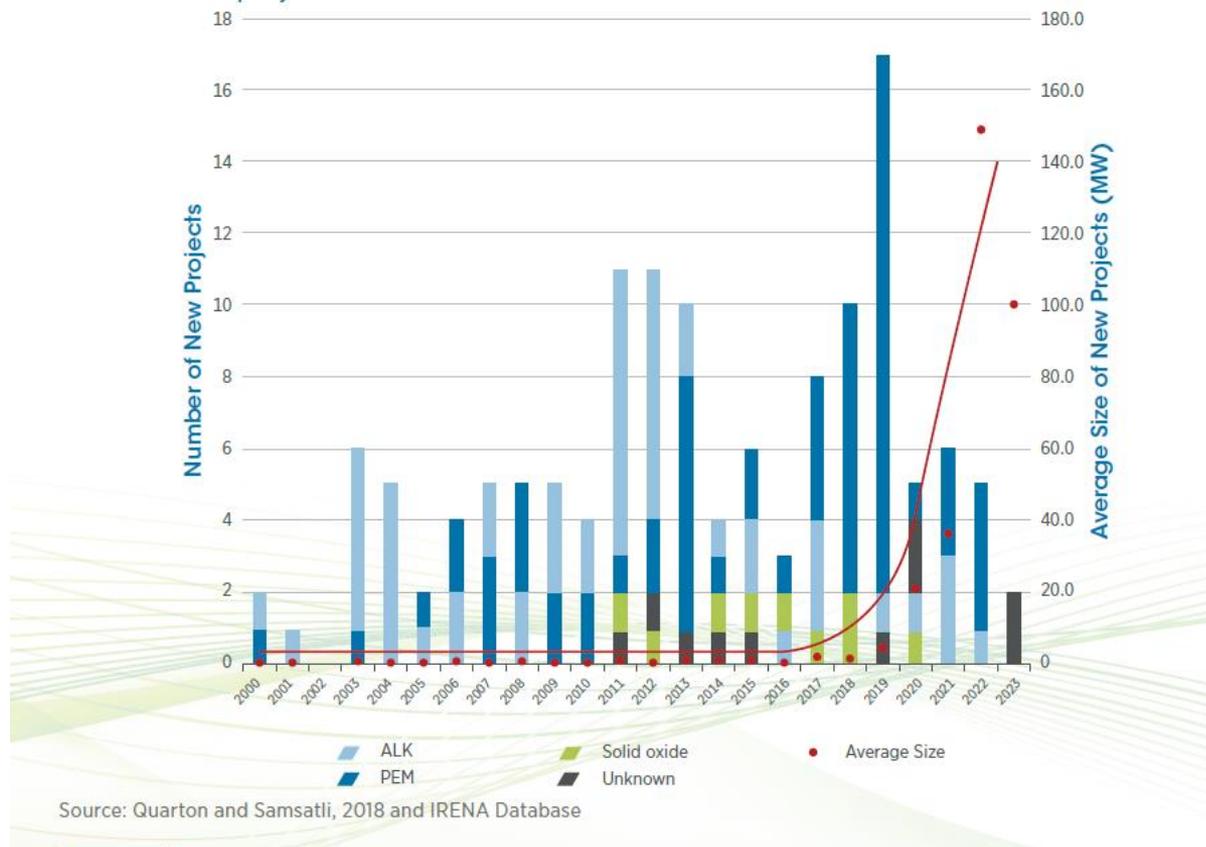
Source: IRENA analysis

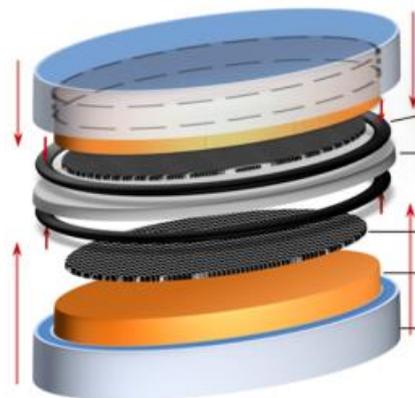
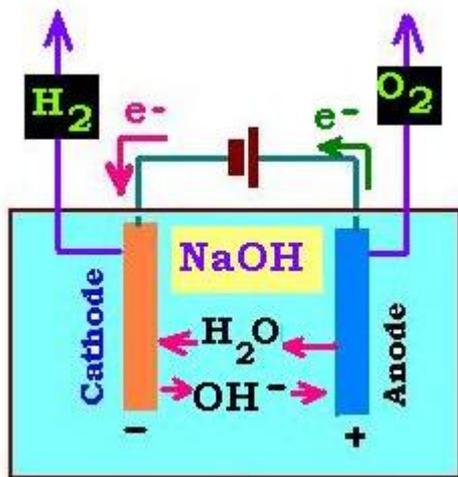
Source : IRENA (International Renewable Energy Agency, Tokyo Septembre 2019)



Deux évolutions significatives :

- Taille des installations
- Diversification des modes de production





METHYCENTRE



PEM

Projets de 1 MW à 1 GW

Air Liquide : 20 MW PEM

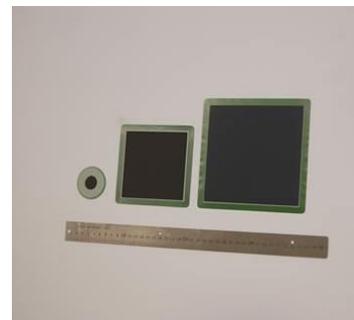
Canada, production H₂ vert

No.	Parameter	Unit	State of the art		FCH 2 JU target		
			2012	2017	2020	2024	2030
Generic system*							
1	Electricity consumption @nominal capacity	kWh/kg	57	51	50	49	48
2	Capital cost	€/kg/d	8,000	1,600	1,250	1,000	800
		(€/kW)	(~3,000)	(750)	(600)	(480)	(400)
3	O&M cost	€/kg/d/yr	160	32	26	20	16

Electrolyse Alcaline

No.	Parameter	Unit	State of the art		FCH 2 JU target		
			2012	2017	2020	2024	2030
Generic system							
1	Electricity consumption @nominal capacity	kWh/kg	60	58	55	52	50
2	Capital cost	€/kg/d	8,000	2,900	2,000	1,500	1,000
		(€/kW)	(~3,000)	(1,200)	(900)	(700)	(500)
3	O&M cost	€/kg/d/yr	160	58	41	30	21

Electrolyse PEM



Jalon :
300 kW, 2022



Cellules céramiques



No.	Parameter	Unit	State of the art		FCH 2 JU target		
			2012	2017	2020	2024	2030
Generic system*							
1	Electricity consumption @rated capacity	kWh/kg	na	41	40	39	37
2	Availability	%	na	na	95%	98%	99%
3	Capital cost	€/ (kg/d)	na	12,000	4,500	2,400	1,500
4	O&M cost	€/ (kg/d)/yr	na	600	225	120	75

Salzgitter (Allemagne) 1 MW 2020

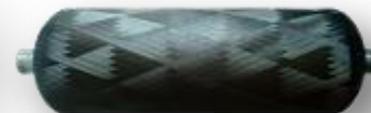


Electrolyse Haute Température



Perspectives R&D :

- Diminution coûts matériaux + production
- Optimisation stockage



MIRAI version 2 : 700 km d'autonomie

No.	Parameter	Unit	State of the art		FCH 2 JU target FCH 2 .III target		
			SoA 2012	International SoA 2017*	Target 2020	Target 2024	Target 2030
1	Fuel cell system durability	h	2,500	4,000	5,000	6,000	7,000
2	Hydrogen consumption	kg/100	na	1.2	1.15	1,1	1
3	Availability	%	95	98	98	99	>99
4	Maintenance	EUR/km	na	0.04	0.03	0.02	0.01
5	Fuel cell system cost	EUR/kW	500	100	60	50	40
6	Areal power density	W/cm2	na	1.0	1.5	1.8	2.0
7	PGM loading	g/kW	na	0.4	0.17	0.08	0.05
8	Cell Volumetric power	kW/l	na	5.0	7.3	9.3	10.0

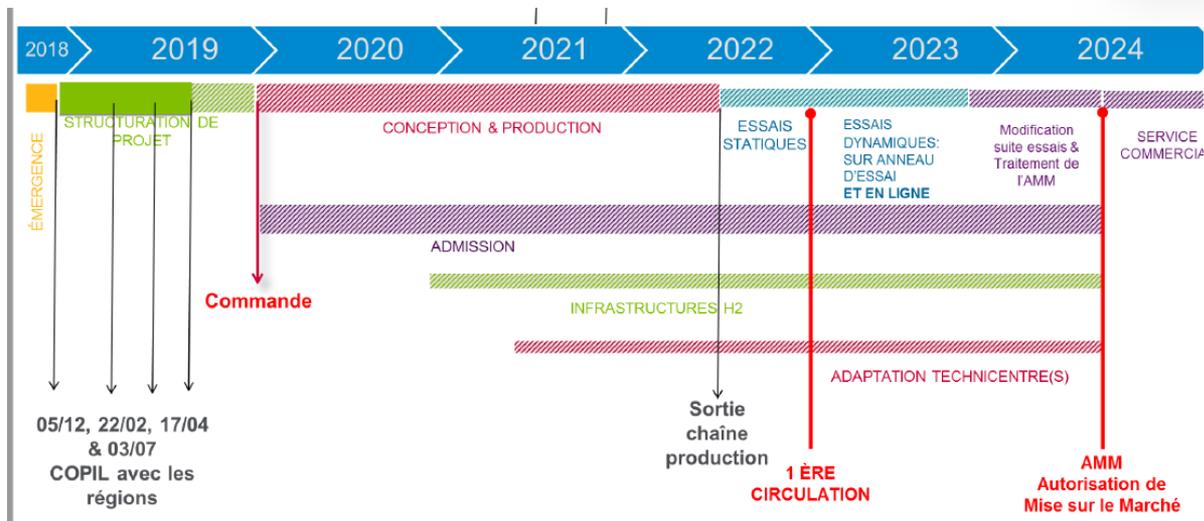
PGM : Platinum Group Metals



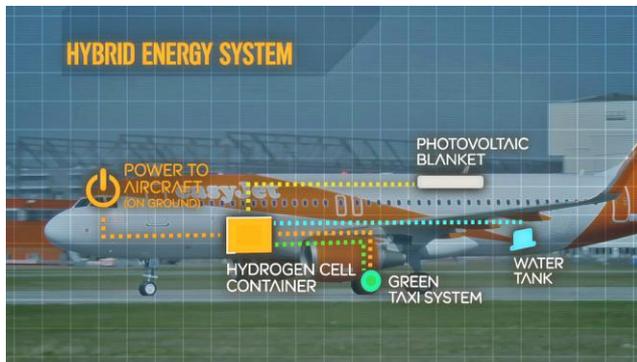


Perspectives R&D véhicules lourds :

- Plaques composites
- Membranes Haute température



Feuille de route présentée par la SNCF en Juillet 2019 à l'AFHyPAC



Déclaration au salon du Bourget 2019 : avion zéro émission (Airbus, Boeing, Dassault, General Electric, Rolls-Royce, Safran, UTC)

PROJET
EASYJET



Power to Liquid :

2020 : Projet Pays-Bas 20 MW production de carburant synthétique neutre en CO₂ pour l'aviation

Coût cible : 1€ HT/L en 2050 (Bosch)



- Masse vs autonomie      
- Potentiel de diminution des coûts de production
- Recyclabilité et matériaux critiques
- Durée de recharge
- Réseau de recharge
- Potentiel d'innovation
- Sécurité



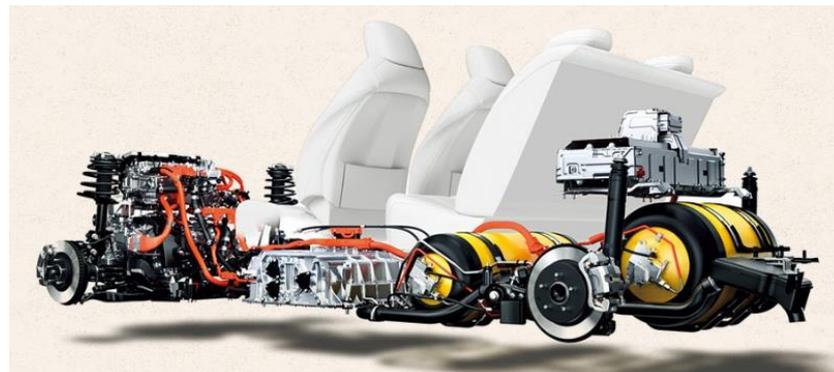
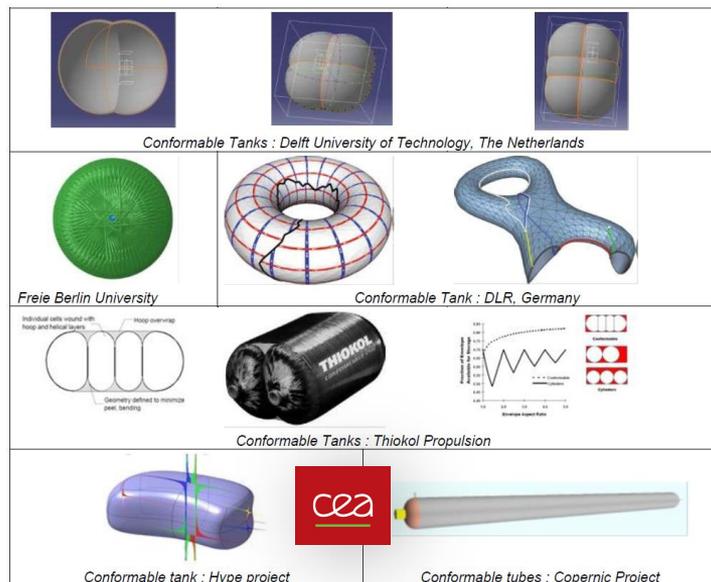
Type IV : Etat de l'Art

Type V : Suppression du liner + Coque composite thermoplastique

Type IV⁺ : Réservoir Thermoplastique

No.	Parameter	Unit	State of the art		FCH 2 JU target		
			2012	International SoA 2017*	2020	2024	2030
1	CAPEX - Storage tank	EUR/kg H2	3,000	1,000	500	400	300
2	Volumetric capacity (at tank system level)	kg/l	0.02	0.023	0.03	0.033	0.035
3	Gravimetric capacity (at tank system level)	%	4	5	5,3	5,7	6





Enjeux :

- Intégration véhicules
- Automobile : Flexibilité batterie/hydrogène
- Flexibilité vis-à-vis des applications

