

**Amp&A**le  
Consulting

# L'hydrogène pour accélérer la décarbonation du transport lourd

Frederic Delrieu , *Lead Consultant*

16 mars 2022 – *webinaire innové et Hydrogène Québec*

 **InnovÉÉ**  
Innovation en énergie électrique

**Hydrogène Québec**



# L'Hydrogène pour accélérer la décarbonation du transport lourd



## **Introduction**

Pourquoi l'Hydrogène

---



## **Solutions**

Revue des véhicules  
(bientôt) disponibles

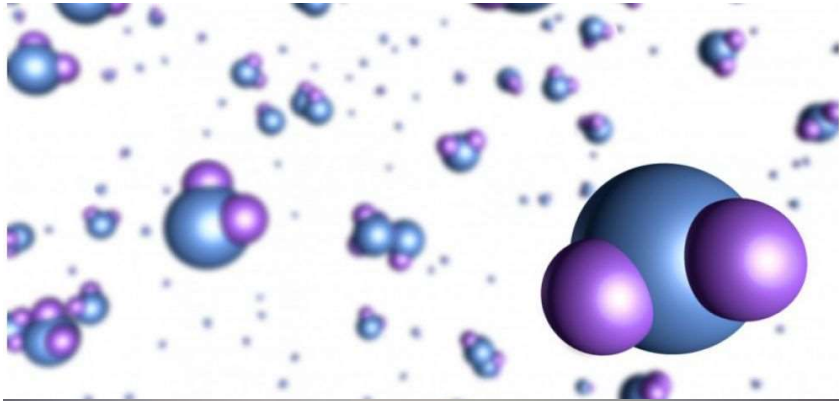
---



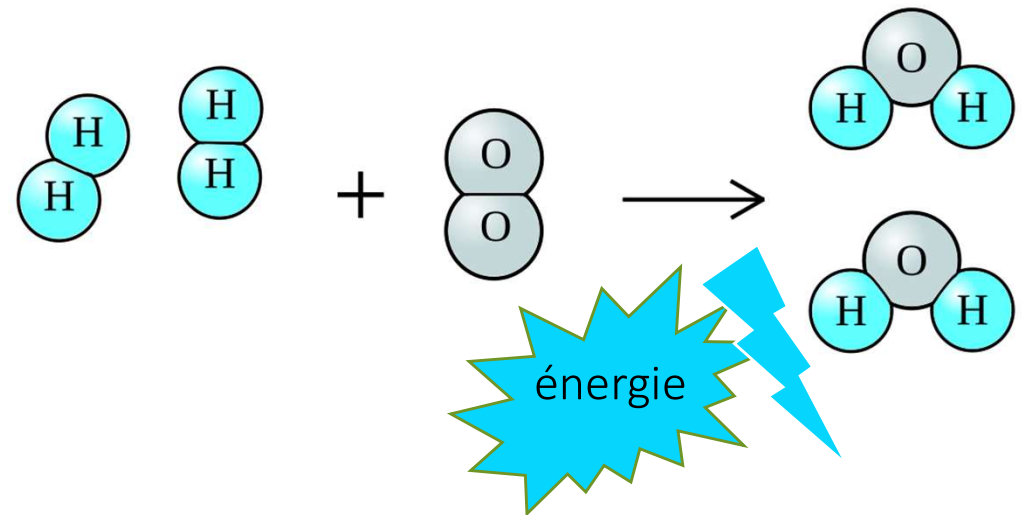
## **Mise en oeuvre**

Impacts opérationnels

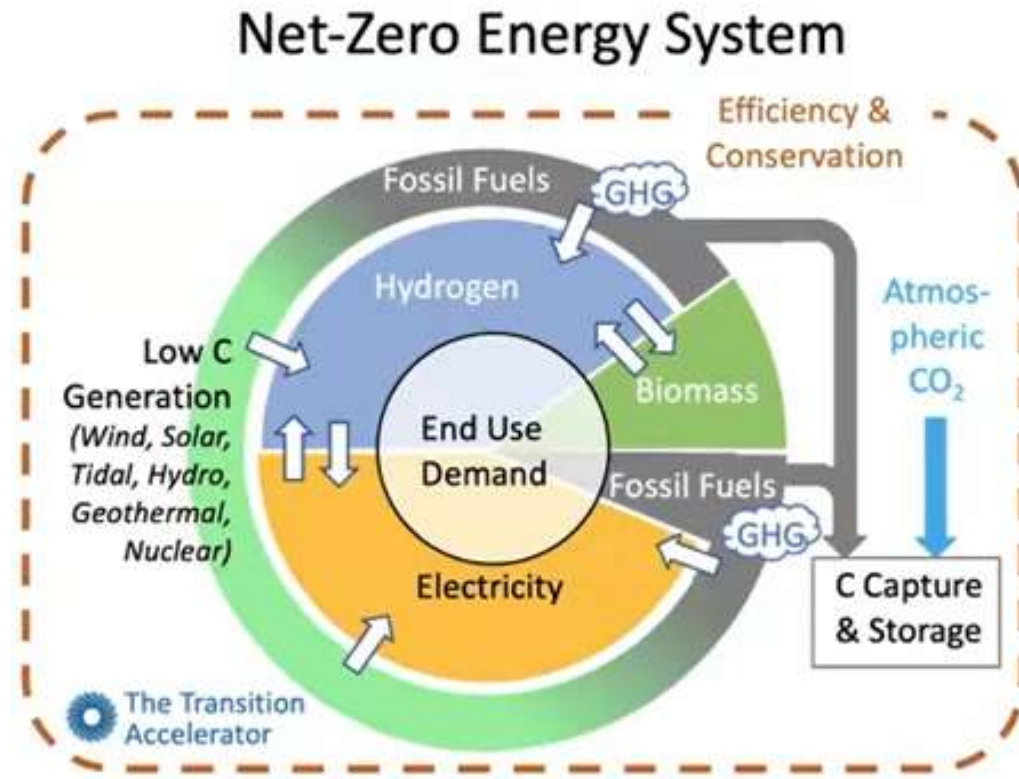
# Qu'est-ce que l'hydrogène ?



- L'élément le plus répandu dans l'univers
- Le premier élément du tableau de Mendeleiev
- Répandu dans les hydrocarbures et l'eau
- Principalement utilisé comme un vecteur d'énergie  
(Note : on a récemment découvert des sources sur la planète!)



# L'hydrogène parmi les solutions de décarbonation

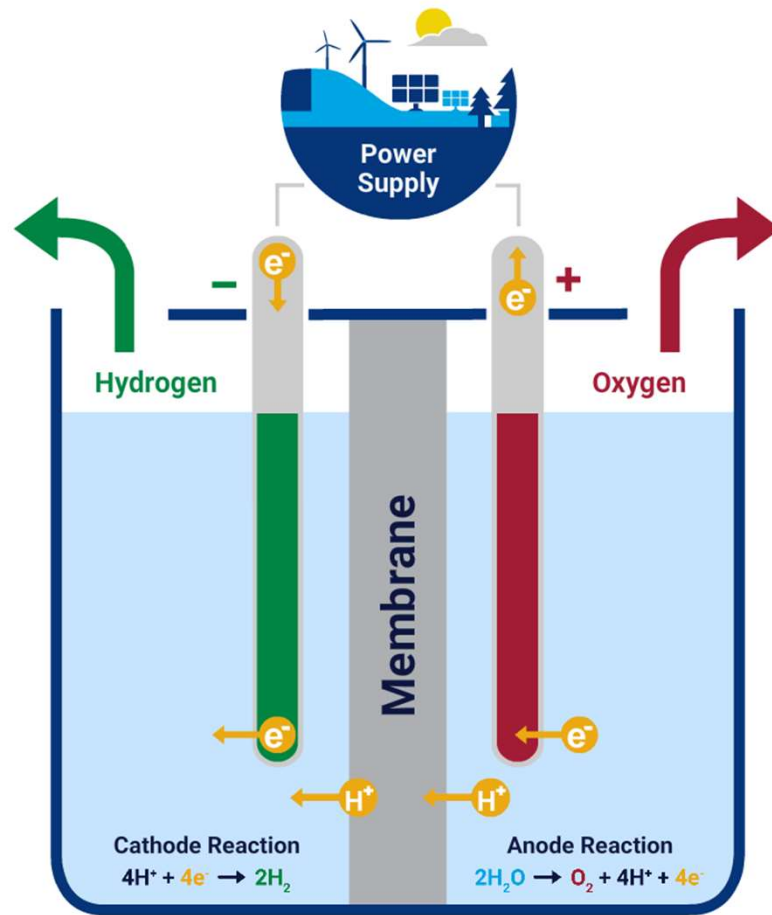


Source : David Layzell, The Transition Accelerator

- L'hydrogène peut être produit par réformage du gaz naturel (gris, produit des émissions de GES ; bleu, avec séquestration du CO<sub>2</sub>, Alberta) ou par électrolyse de l'eau (Vert, ZE, au Québec / BC) ou à partir de biomasse (vert, mais en moindre quantité)
- L'hydrogène est une très bonne solution de stockage d'énergie dans un monde avec de plus en plus d'énergie renouvelable intermittente d'ajuster la production et la consommation (saisonnalité, horaire jour/nuit, localisation)
- L'hydrogène est utilisé dans l'industrie de l'acier (acier vert), le chauffage des bâtiments (mélange avec le gaz naturel), marché à l'exportation d'ammoniaque, et comme carburant pour les transports (camions, ferroviaire, maritime)
- L'hydrogène peut être créé par l'électricité ou peut générer de l'électricité.

L'hydrogène et l'électricité ne sont pas concurrents mais complémentaires

# Production de l'hydrogene par electrolyse de l'eau



Becancour, Québec

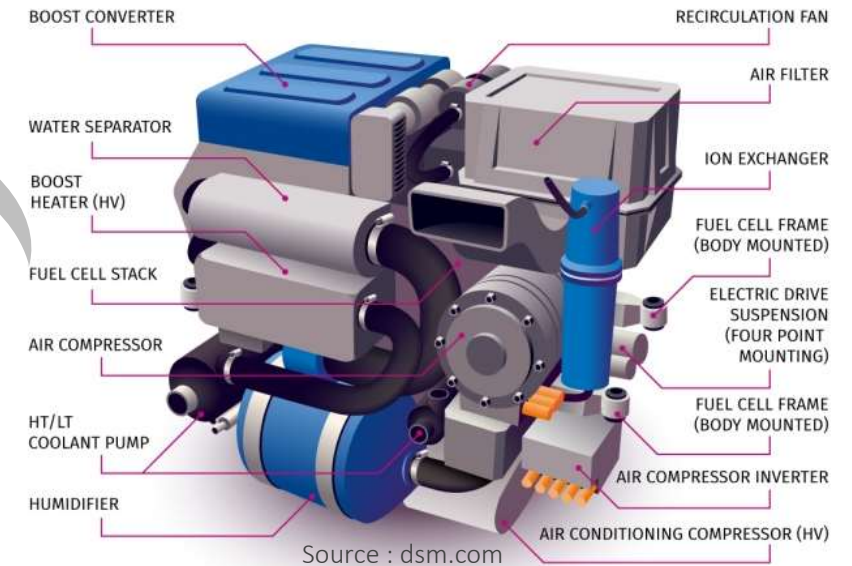
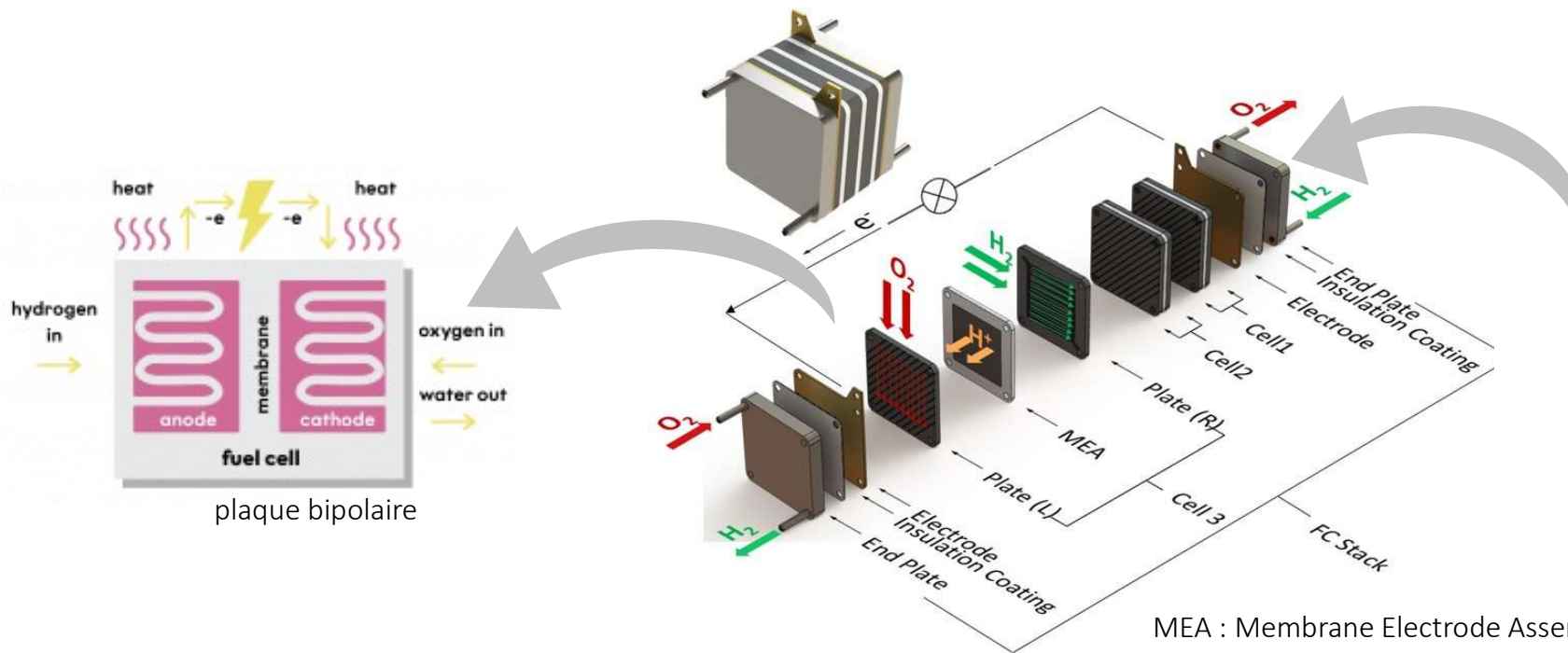
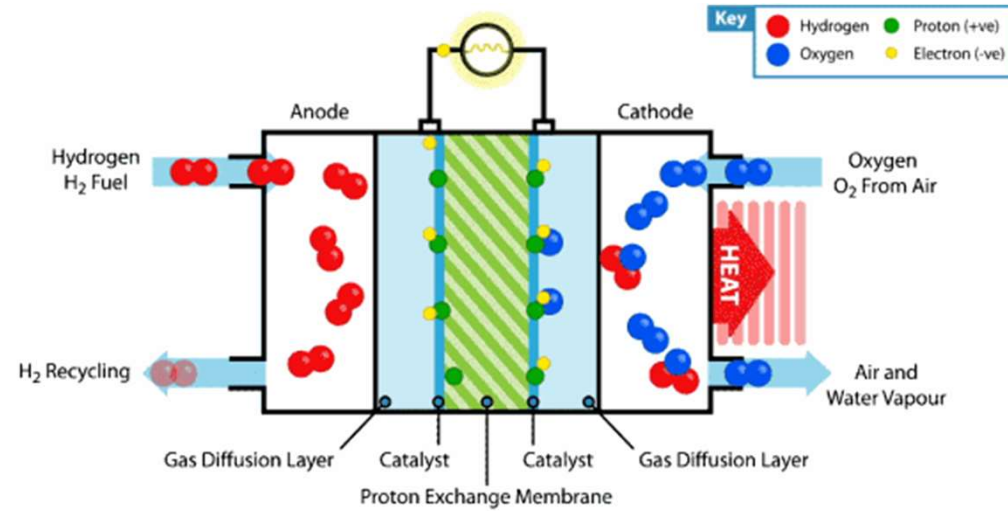
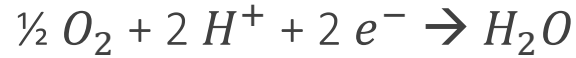
# Une pile à combustible

Réactions dans une PEMFC :

Anode :



Cathode :

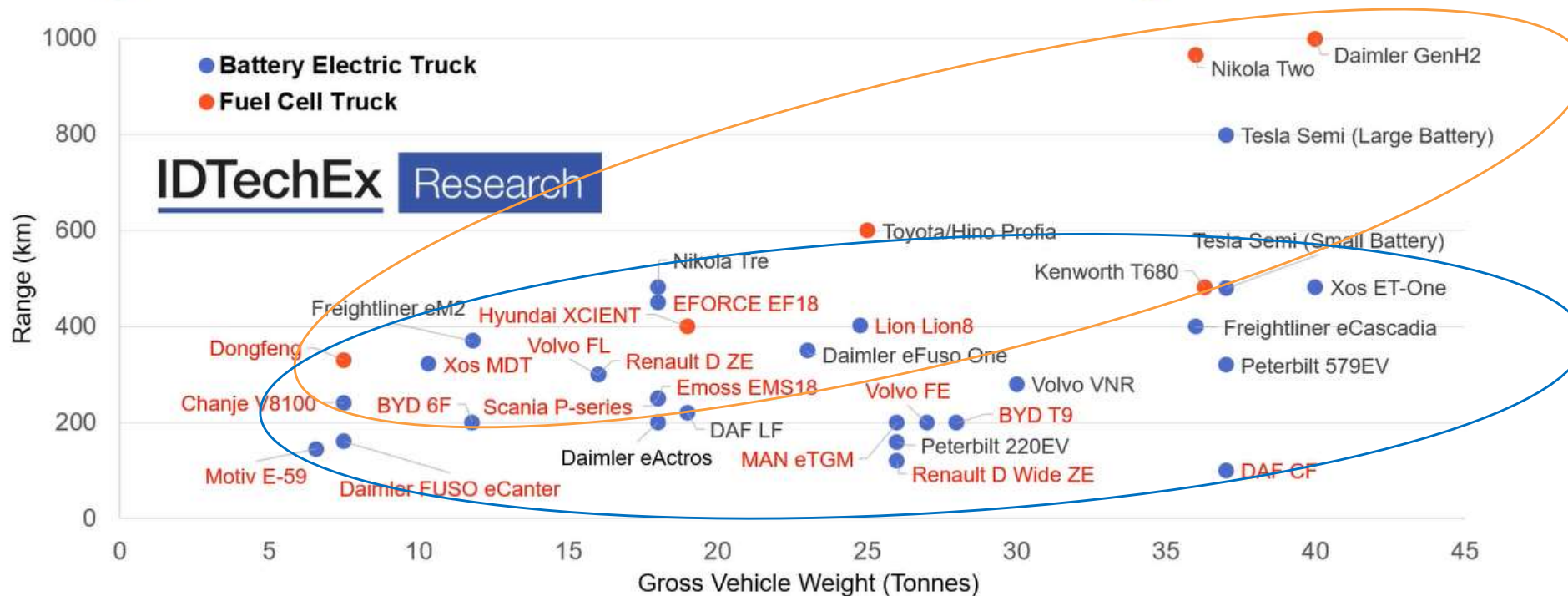


MEA : Membrane Electrode Assembly

# L'électrification des transports : BEVs et FCEVs

- L'électrification couvre tous les types de véhicules mais peu de véhicules à batterie au-delà de 400km d'autonomie.
- Les véhicules à propulsion hydrogène proposent une solution zéro-émission fournissant une grande autonomie pour les véhicules à fortes capacités de chargement.

## Range of Zero Emission Medium and Heavy Trucks



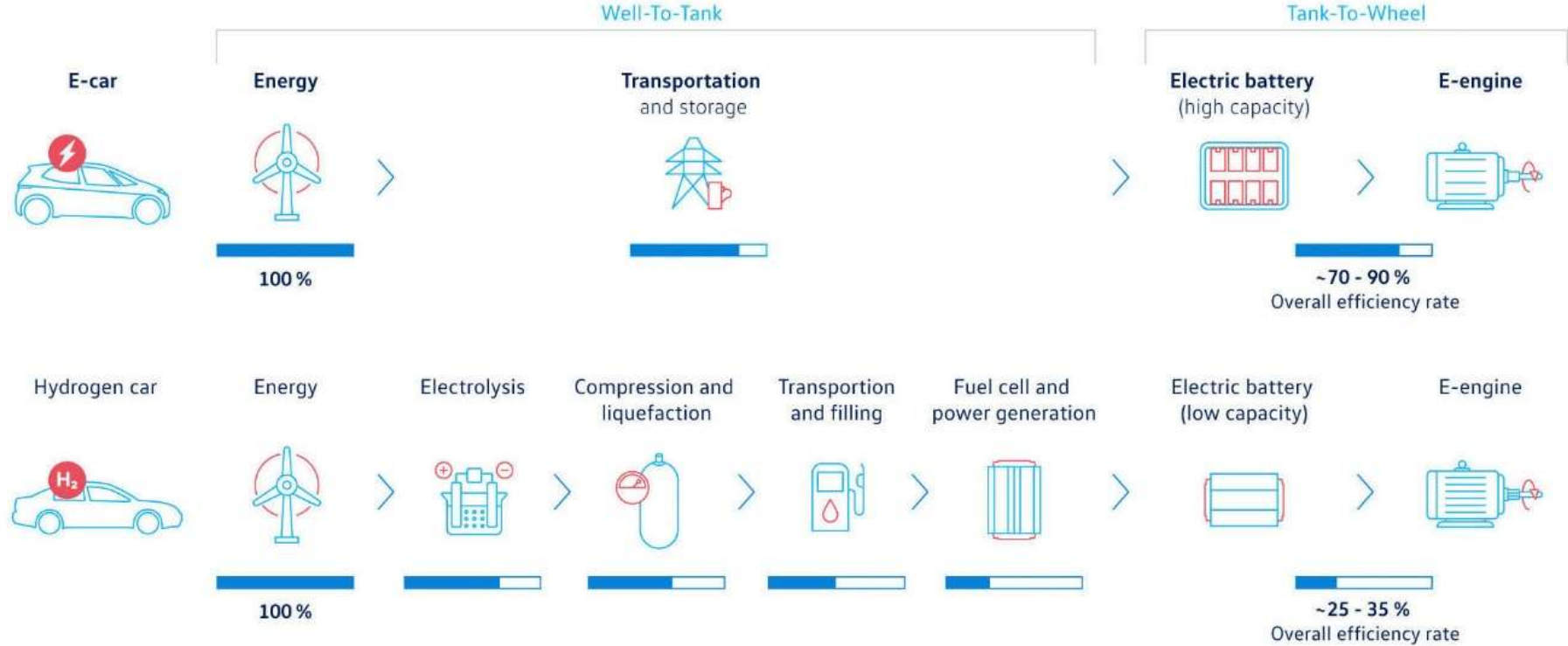
Almost all OEMs are developing a zero on-road emission truck. Successful deployment will rely on understanding customers' duty cycle and charging patterns to optimise the powertrain.

Source: IEA, OEMs data.

# Les véhicules à batterie ont une meilleure efficacité énergétique

## Hydrogen and electric drive

Efficiency rates in comparison using eco-friendly energy

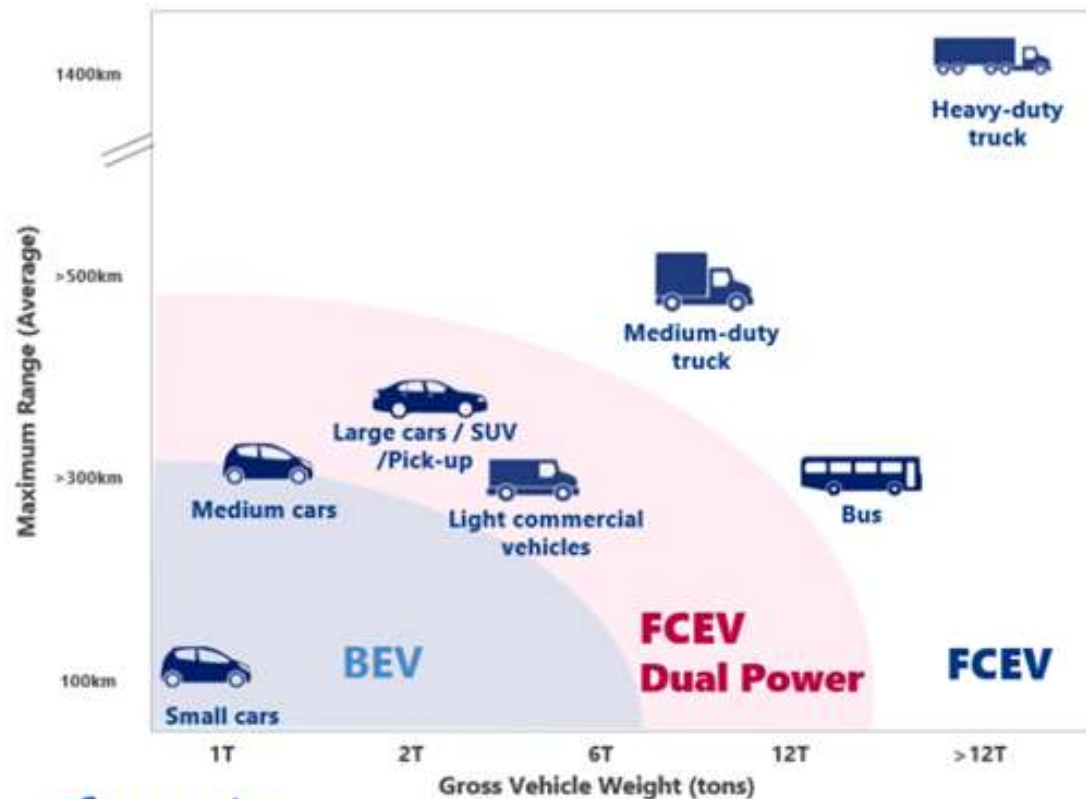


Source Volkswagen



# ... mais les véhicules à hydrogène apportent de l'efficacité opérationnelle

## Les FCEVs sont mieux adaptés aux véhicules lourds



Source : **faurecia**  
CLEAN MOBILITY • Fuel Cell & Hydrogen Storage Systems – Faurecia Presentation – June 2021

## Les avantages FCEV vs BEV



**TEMPS DE  
REPLISSAGE**

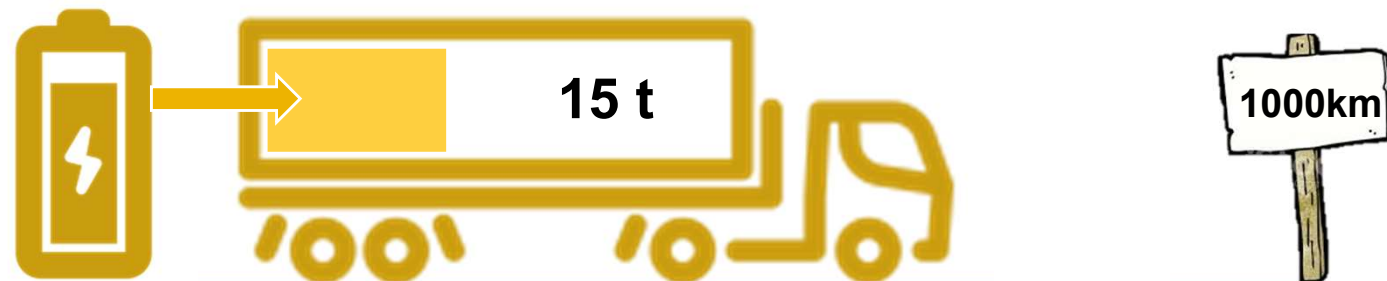


**AUTONOMIE**



**CAPACITÉ DE  
CHARGEMENT**

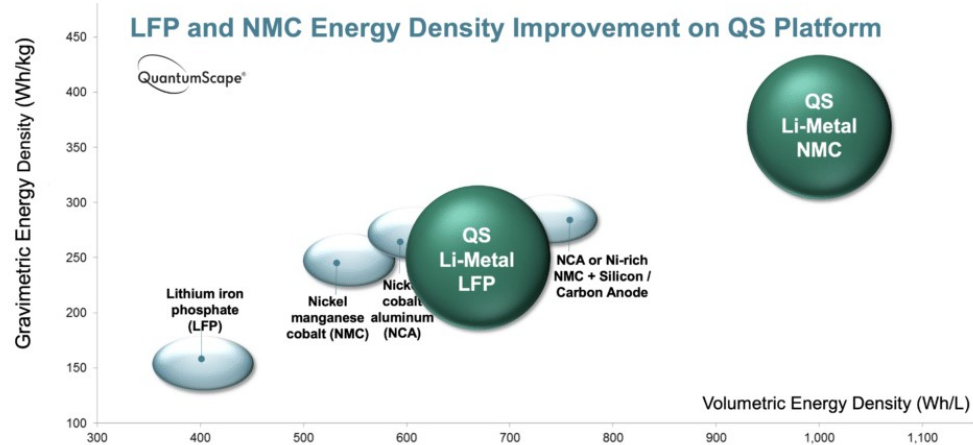
# Quelques chiffres



- Un semi remorque pèse **15 tonnes à vide** et **40 tonnes en charge** (capacité de chargement est donc **25 tonnes**)
- Les tracteurs électriques proposent aujourd'hui jusqu'à 300 à 400km d'autonomie avec un poids de batteries d'environ 3 à 4 tonnes (450 à 600kWh)
- Une autonomie de 1000km peut supprimer jusqu'à 40% de la capacité de chargement d'un camion (>1MWh)
- Recharger un tel camion en 30 minutes nécessite un chargeur de 2MW (2000A @ 1000V)



# Les batteries solid-state et les méga-chargeurs



- Avantage des batteries Solid-state : moins inflammable, réduisent le coût et le poids du pack, augmentent la puissance de recharge
- Densité d'énergie doublée, à 350-450Wh/kg, de même que la puissance de recharge (3-4C)
- Développements en cours par QuantumScape (VW), Samsung, LG Chem, Panasonic...
- Horizon de marché 2025-2030





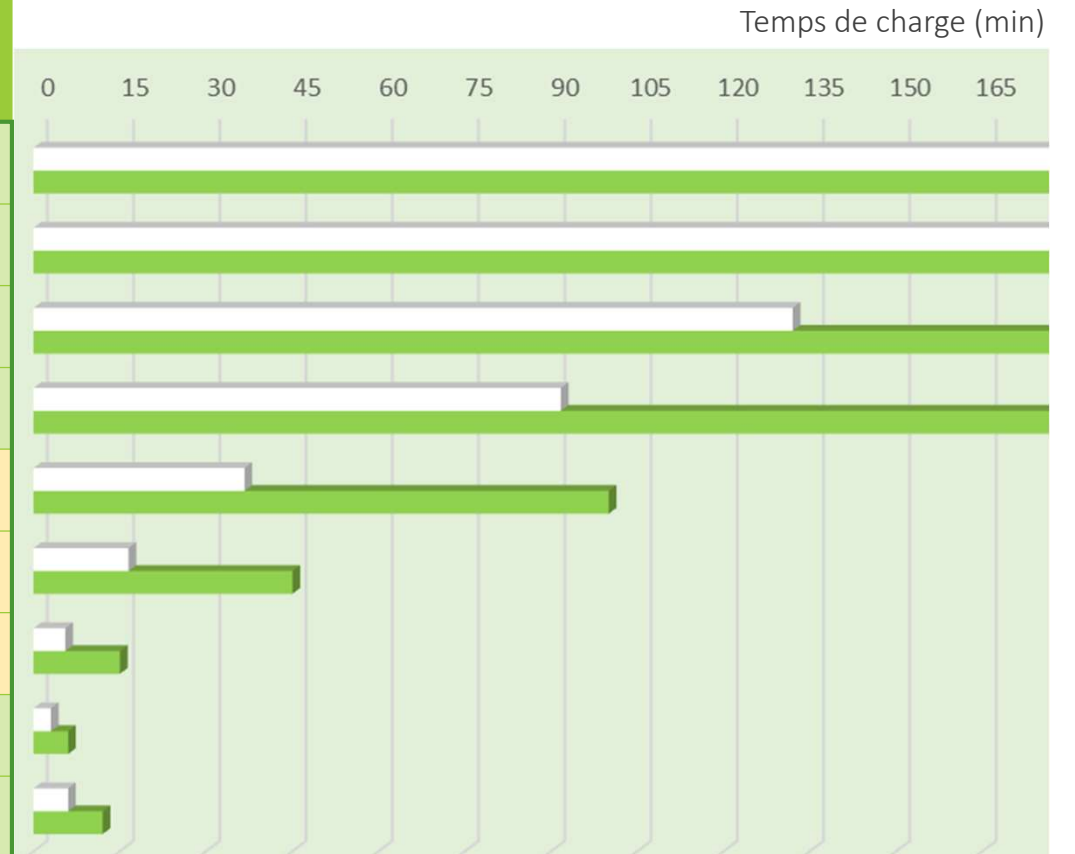
	CharIN		Proposed	
	CCS1	CCS2	Tesla	HPCVC
Daimler AG				
<b>Max Power</b>	1000V x 500A = <b>500 kW</b>	1000V x 500A = <b>500 kW</b>	410V x 610A = <b>250 kW</b>	1500V x 2000A = <b>3 MW??</b>
<b>Range add /minute charge</b>	3.2 miles	3.2 miles	1.6 miles	19.2 miles
<b>Communication Protocol</b>	PLC (ISO 15118)	PLC (ISO 15118)	CAN (SAE J2411)	CAN or Ethernet (ISO 15118)
<b>Location Used</b>	US	EU, South Korea, Australia	Global	US?, EU?
<b>Related Standards</b>	IEC 61851 SAE J1772	IEC 61851	none	none
<b>Notes</b>	Liquid Cooled	Liquid Cooled	Liquid Cooled	Liquid Cooled

- << Ce que nous savons des Megachargeurs Tesla :
- 1 MW de puissance ou plus (potentiel jusque 2-3MW)
  - Envisagés pour les camions électriques HD (Class 8 Tesla Semi)
  - 2m à 2,5m de hauteur
  - Probabilité de refroidissement liquide des cables
  - Tension attendue à un minimum de 1000 V
  - Pour les besoins en appel de puissance, probable nécessité d'un système de stockage par batteries (Tesla Megapacks)
  - Installés à la Tesla Giga (NV), dépôt Frito-Lay's (CA) >>

Standard HPCVC (NREL) : jusque 1,250 volts et 3,000 A

# Temps de recharge / remplissage



Technologies	Puissance / débit (kW / kg/min)	Temps de charge (*) 	Temps de charge (*) 
Level 2 AC	19kW	850min / 14h	2300min / 38h
Level 3 DC	50kW	330min / 5,5h	900min / 15h
Level 3 DC	125kW	130min / 2h	360min / 6h
Level 3 DC	180kW	90min	250min / 4h
J3105	450kW	NA	100min
Mega Charger	1MW	NA	45min
Mega Charger	3MW	NA	15min
H2 @350b	<7,2kg/min	3min	6min
H2 @700b	<3,6kg/min	6min	12min

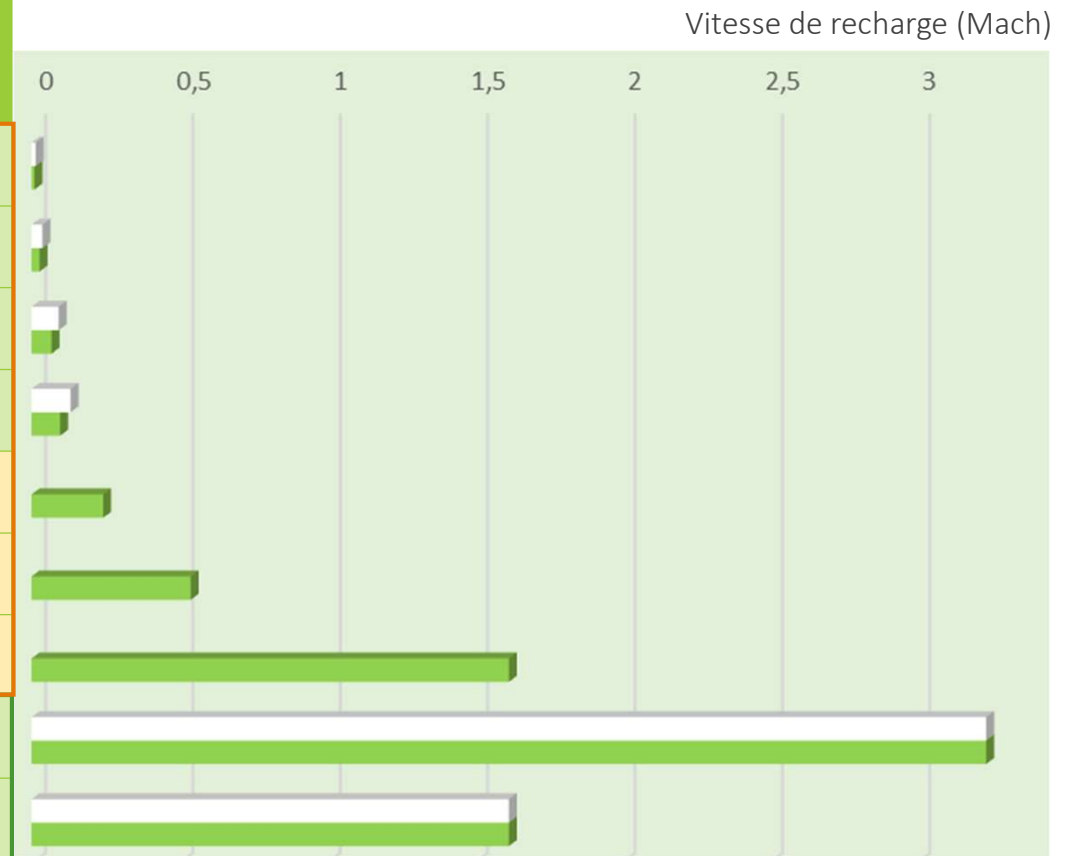


0-100% Charging  
0-100% Refueling

(\*) : Camion CI 6 : autonomie 200km (220kWh / 15kgH2)  
Tracteur CI 8 : autonomie 400km (600kWh / 40kgH2)

# Vitesses de recharge / remplissage

Technologies	Puissance / débit (kW / kg/min)	Temps / vitesse de charge (*)		Temps / vitesse de charge (*)	
					
Level 2 AC	19kW	9h	7km/h	25h	12km/h
Level 3 DC	50kW	3,5h	45km/h	10h	33km/h
Level 3 DC	125kW	1,5h	113km/h	4h	83km/h
Level 3 DC	180kW	60min	160km/h	2,5h	120km/h
J3105	450kW	NA		60min	300km/h
Mega Charger	1MW	NA		30min	670km/h
Mega Charger	3MW	NA		10min	2000km/h
H2 @350b	<7,2kg/min	3min	4000km/h	6min	4000km/h
H2 @700b	<3,6kg/min	6min	2000km/h	12min	2000km/h





0-80% Charging  
0-100% Refueling

(\*) : Vitesse de recharge = kilomètres d'autonomie récupérés / temps de recharge  
 Camion CI 6 : autonomie 200km (220kWh / 15kgH2)  
 Tracteur CI 8 : autonomie 400km (600kWh / 40kgH2)

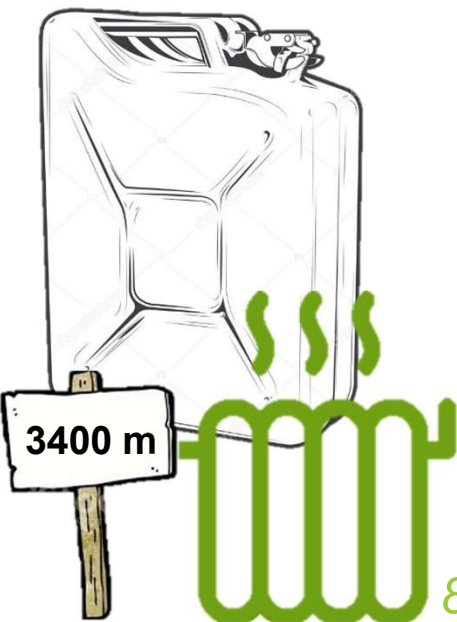
# Beaucoup d'énergie dans une petite moleculle mais des réservoirs tres lourds

**1kg**  
Carburant

**Carburant Diesel**   
13 kWh par kg  
47 mégajoules par kg

**Hydrogène seul**   
33 kWh par kg  
120 mégajoules par kg

**1kg**  
Réservoir



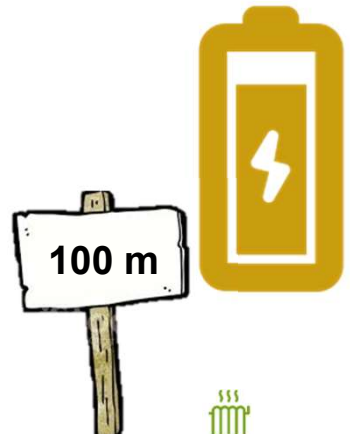
3400 m **8kWh**

**Réservoirs d'hydrogène :**  
1.8 kWh par kg  
6.6 mégajoules par kg



600 m **0,9kWh**

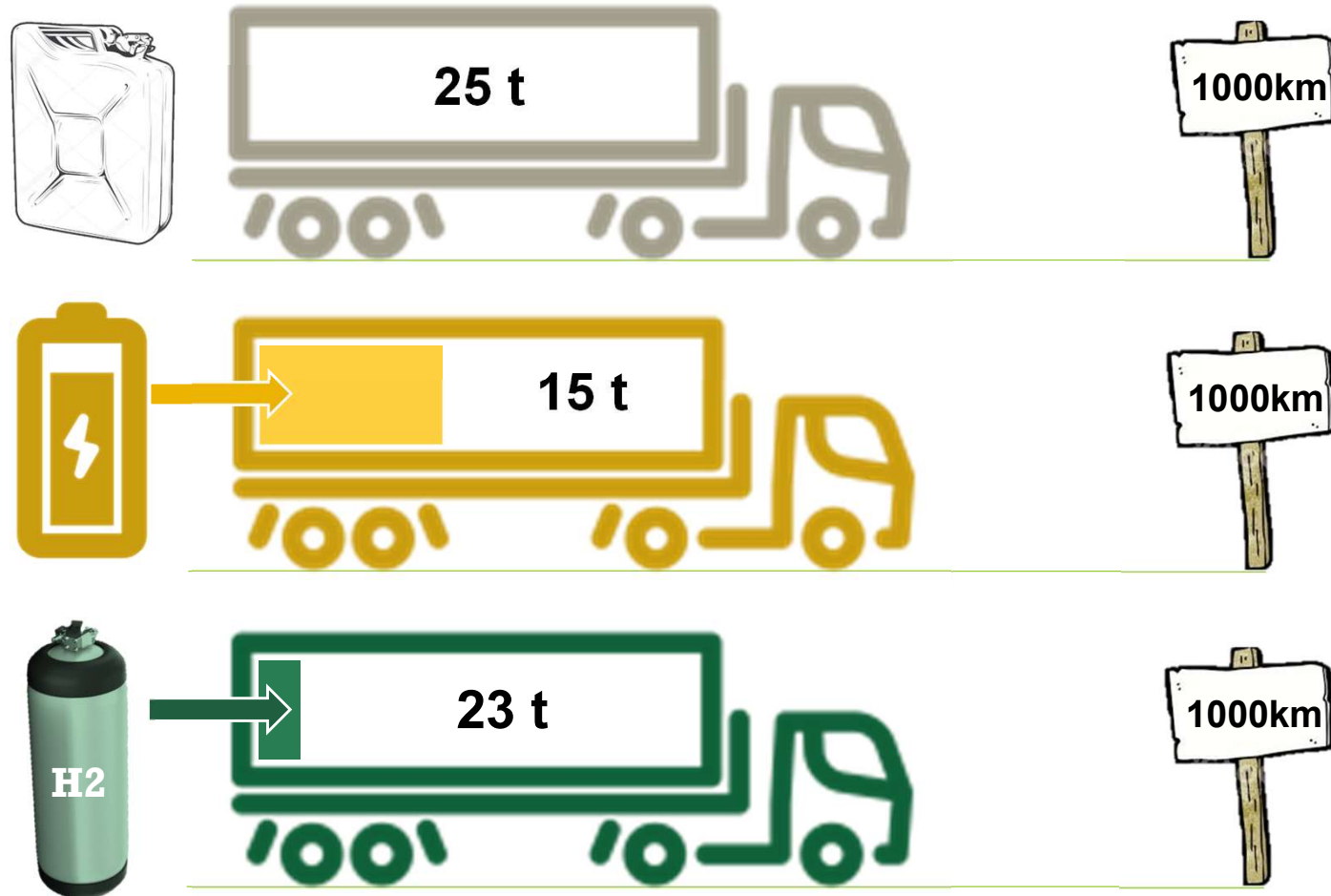
**Batteries :**  
0.150 kWh par kg  
0.54 mégajoules par kg



100 m



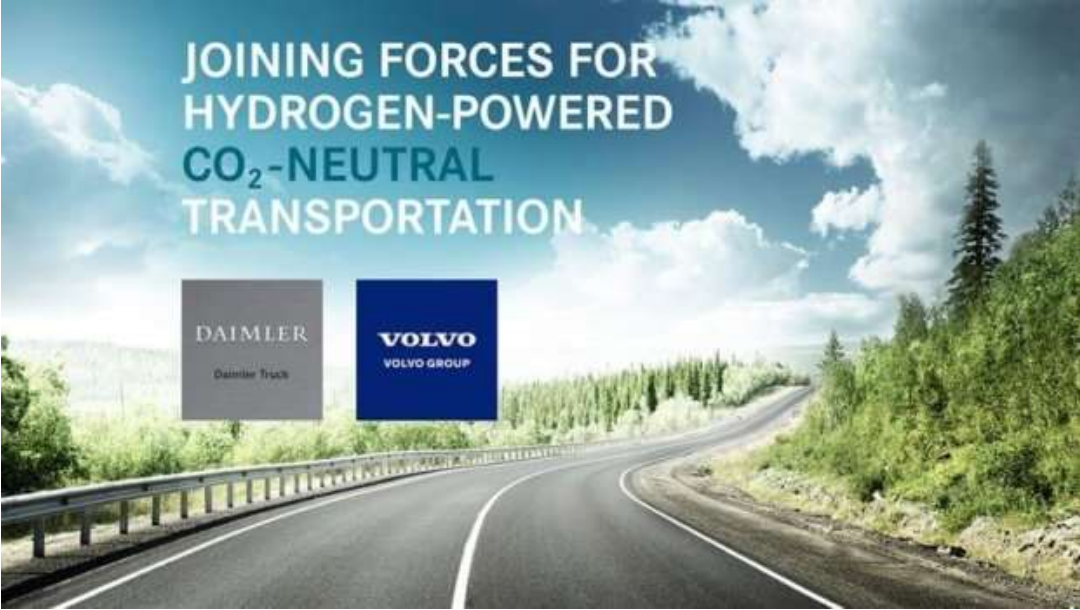
# Le problème du poids est (presque) résolu !



- Les piles à combustible ont des densités de puissance autour de 300W/kg
- Les réservoirs ont des ratios d'environ 15 à 20 sur la masse d'H2 contenue.
- Le poids moyen de 200kW de pile à combustible et de 115kg d'H2 (1000km) représente environ 3 tonnes, auxquels il faut ajouter une batterie (plus petite) et les accessoires (refroidissement)
- Ce qui reste bien inférieur aux 10 tonnes de batteries nécessaires en 100% électrique.

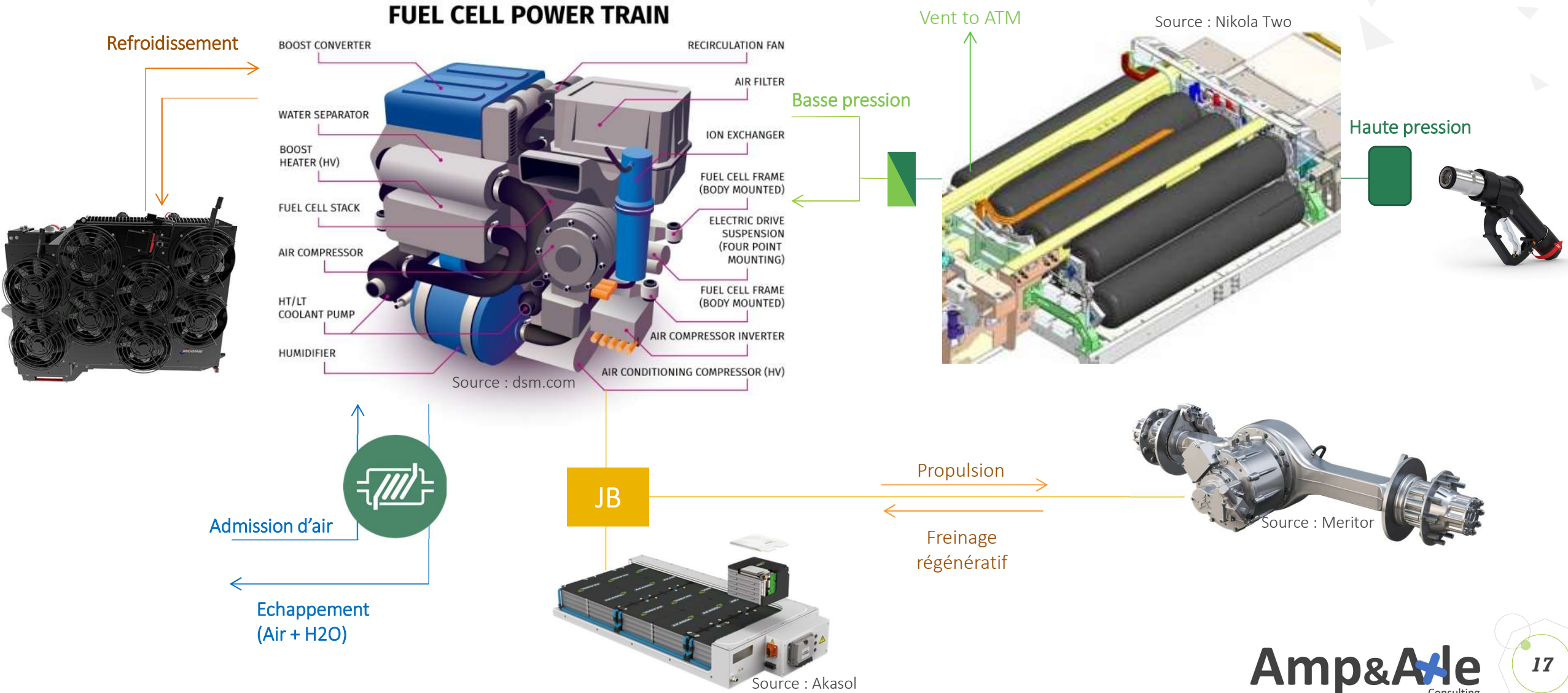


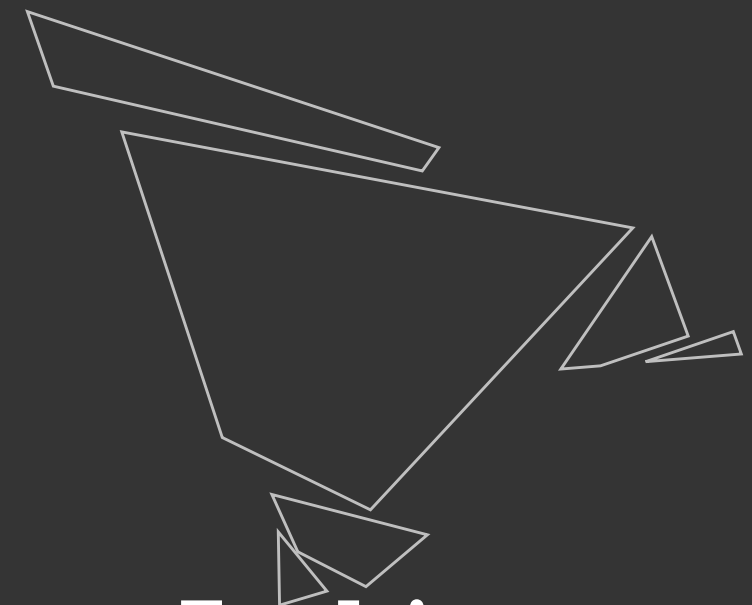
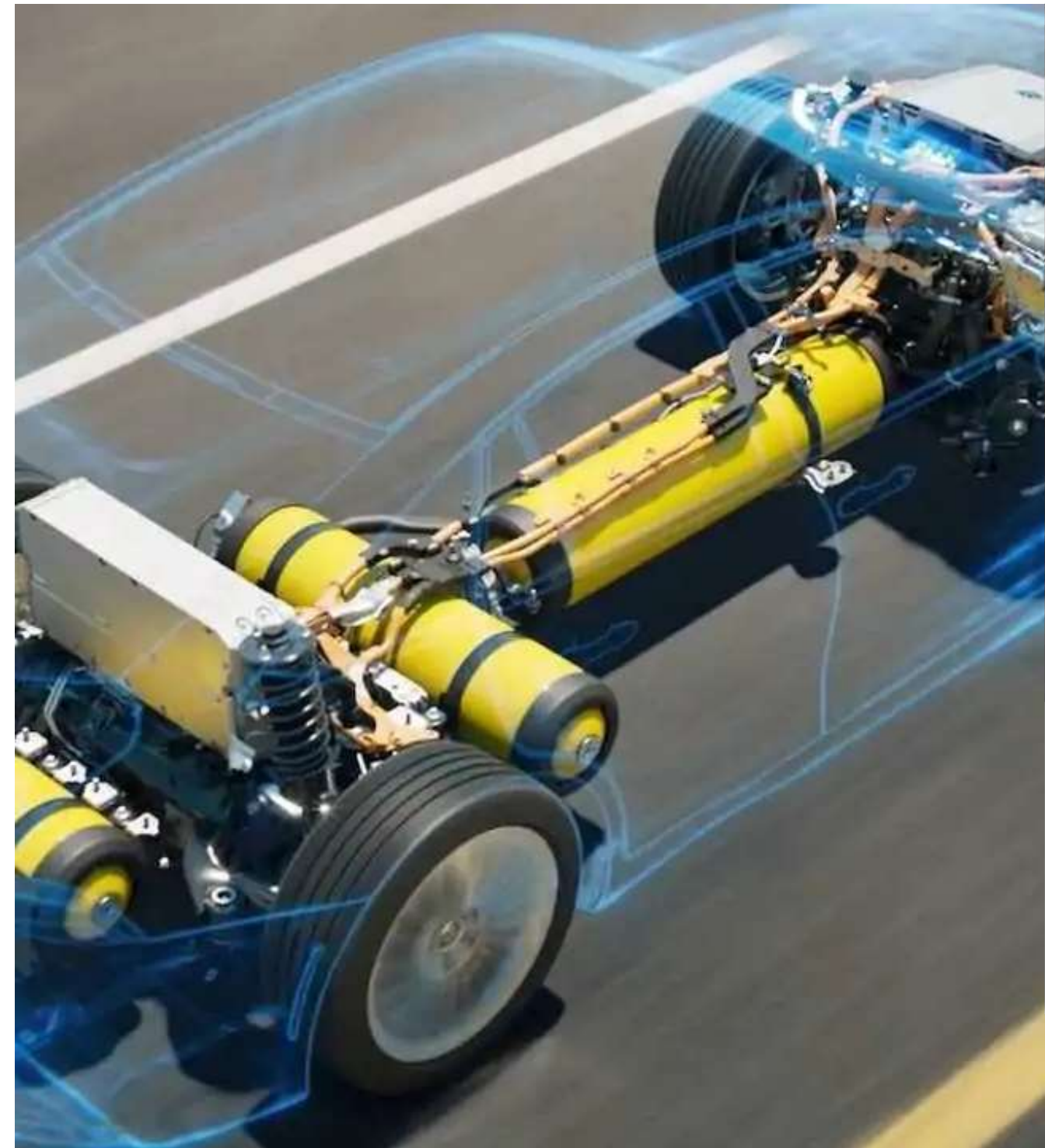
# Les grands OEMs investissent. Exemple de Volvo-Daimler





# Les systèmes et composants d'un véhicule à propulsion hydrogène





# Architectures véhicules

- Automobile / Véhicule léger
- Véhicule lourd

# Toyota Mirai

<https://m.futurecar.com/4300/Toyota-Launches-the-Redesigned-Mirai-Fuel-Cell-Sedan-Reaffirming-the-Companys-Commitment-to-Hydrogen-Power>



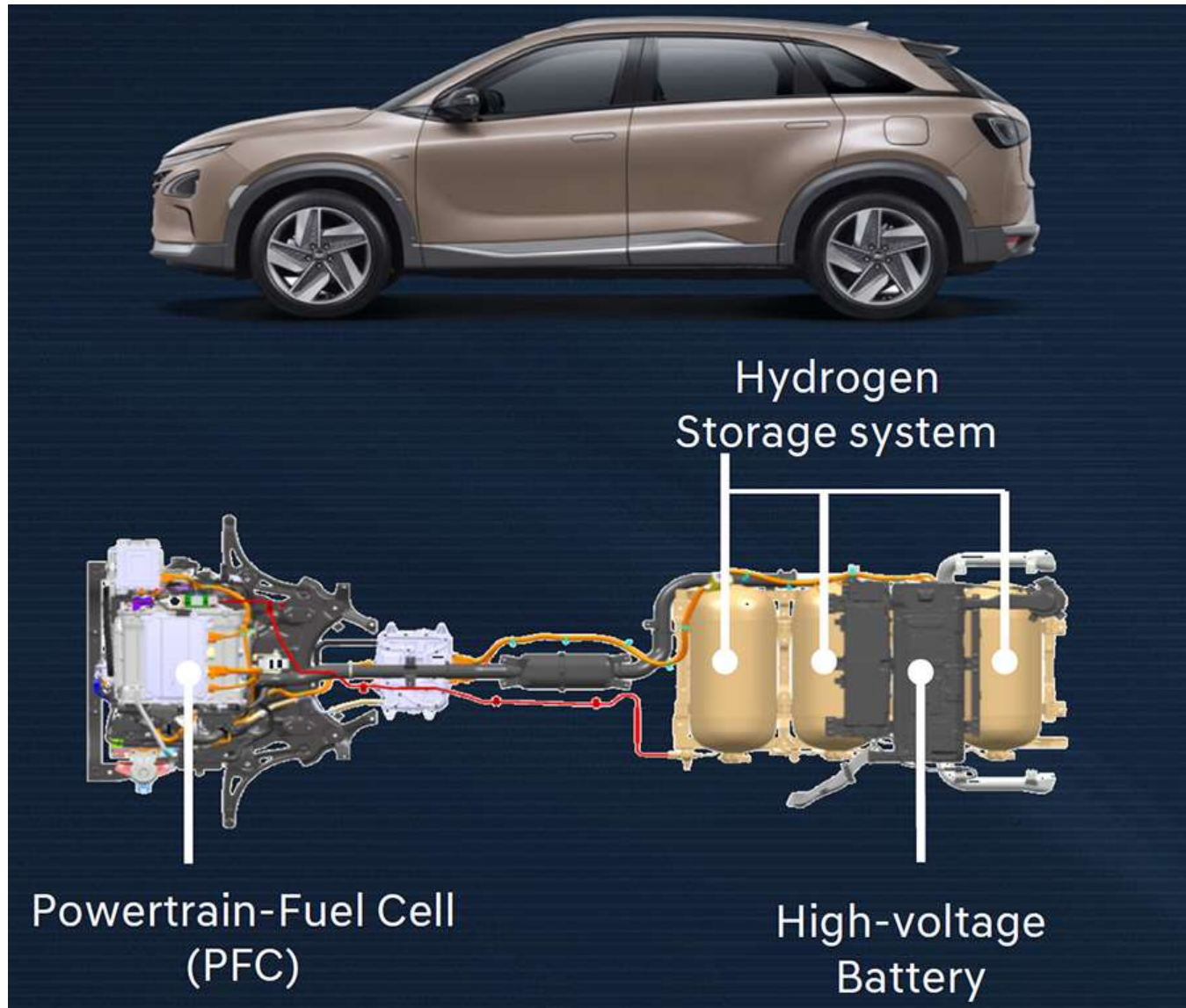
## 2021 Toyota Mirai

- 3 réservoirs configurés en 'T' ; 5,6kg H2 total
- Autonomie 400mi / 650km (0,86kg H2/100km)
- Propulsion RWD 180hp / 134kW
- 50:50 équilibre des masses.
- Pile à combustible / polymère solide avec densité de puissance accrue ; logée dans le compartiment moteur
- Démarrage à froid -30degC
- Batteries (1,2kWh 311V) et moteur électrique au dessus de l'essieu arrière
- Collecteur d'admission avec filtre catalytique actif capturant les particules de polluants (SO2, NOx, PM2.3) pour "nettoyer l'air là où le véhicule circule"

Ventes mondiales : 5,918 véhicules en 2021

# Hyundai Nexo

<https://www.sae.org/news/2018/11/2019-hyundai-nexo-fuel-cell-launch>



## 2021 Hyundai Nexo

- 3 réservoirs de 52 litres de stockage d'hydrogène contenant au total 5.6kg H<sub>2</sub> à 700bar
- Autonomie 380mi / 600km (0,93kg H<sub>2</sub>/100km)
- Puissance totale : 135 kW (power density 3.1 kW/L) dont 95 kW de pile à combustible et 40kW provenant d'une batterie Li-ion polymère 240V / 1.56kWh
- Efficacité totale du système : 60.4%.
- Moteur à aimant permanent d'une puissance de 161hp / 120 kW

Ventes mondiales : 9,620 véhicules en 2021

# Peugeot H2 expert van

<https://insideevs.com/news/510353/peugeot-introduces-eexpert-hydrogen-vans/>



## Peugeot e-Expert Hydrogène :

- Autonomie 250mi / 400 km
- 3 réservoirs d'hydrogène @700-bar, pour un total de 4.4 kg H2, sous plancher ; remplissage en 3-minutes.
- Pile à combustible de 45 kW
- **Batterie tampon 10.5 kWh**; Puissance pic 90 kW ; autonomie sur batterie de 31mi / 50 km
- Traction avant ; moteur à aimant permanent de 100kW et 260Nm
- Chargeur embarqué 11 kW triphasé (**Bi-energy**)
- 2 longueurs disponibles (normal et long) avec le même volume de chargement que les versions Diesel et BEV
- Espace cargo de 5.3 m3 to 6.1 m3  
Capacité de charge jusqu'à 1,100 kg  
et capacité de remorquage jusqu'à 1,000 kg

# Hyvia Master (fourgon et minibus)

<https://www.hyvia.eu/>

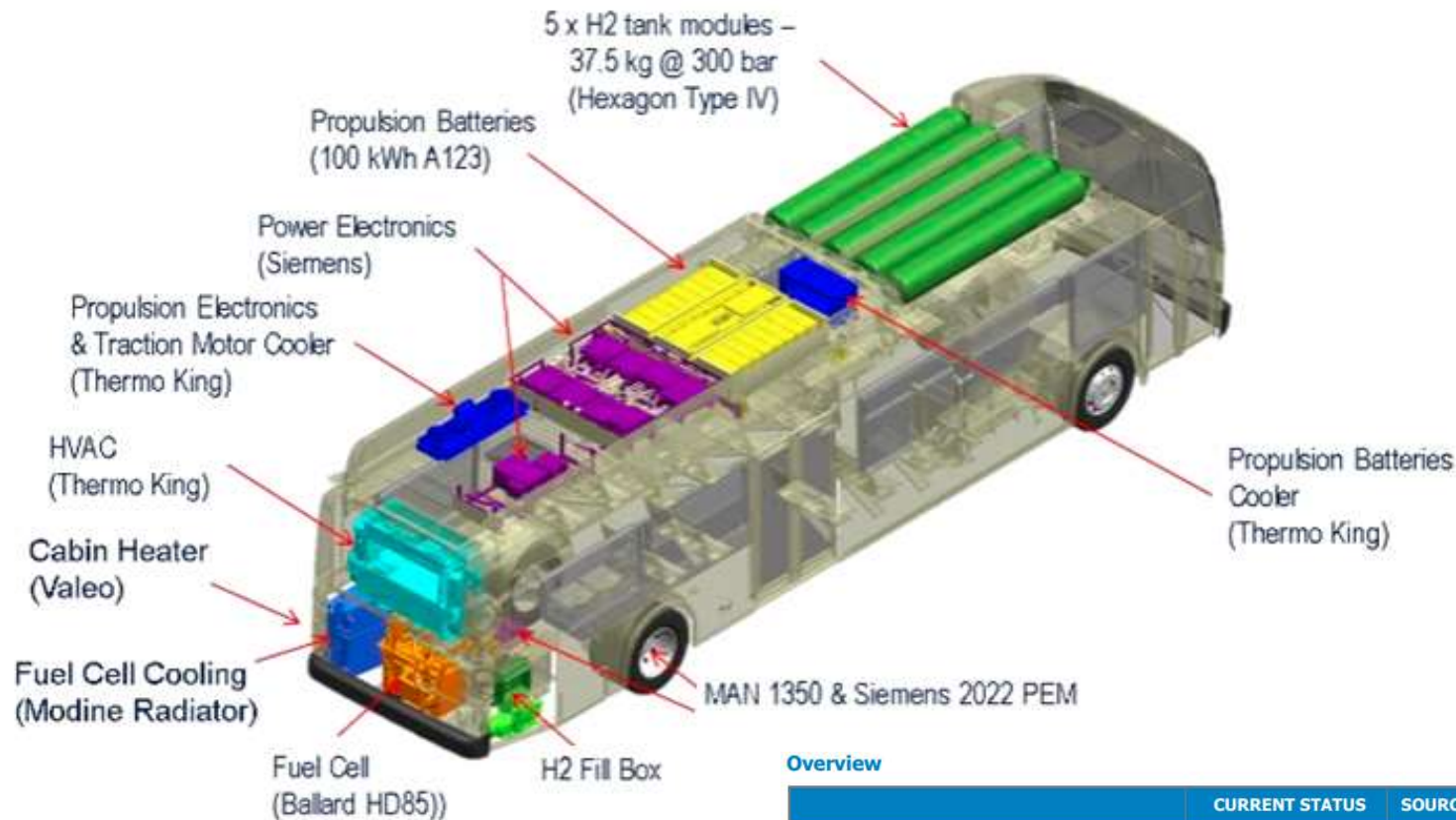


## Hyvia – specifications véhicules :

- JV entre Renault et Plug Power
- production à partir de 2022.
- fourgon, chassis-cab et minibus équipés d'une batterie 33 kWh battery et d'une pile de 30 kW.
- fourgon : 4 réservoirs sur le toit avec une capacité totale de 6kg H2. Autonomie 500 km
- Chassis-cab : 2 réservoirs en sous-caisse pour un total de 3kg H2. Autonomie 250 km
- minibus : réservoirs sur le toit. Total de 4.5 kg H2. Autonomie 300 km. Jusqu'à 15 passagers
- Recharge /remplissage de l'électricité et de l'hydrogène (**bi-energie** "architecture dual-power") Autonomie 100 km sur la batterie (cas du fourgon)
- Remplissage H2 en 5 minutes

# New Flyer Xcelsior CHARGE H2 40ft

<https://www.newflyer.com/site-content/uploads/2019/03/Xcelsior-CHARGE-H2-web-1.pdf>



- 5 réservoirs Type IV contenant 37.5kg H2 à 300bar (6-20min de temps de remplissage)
- Testé à Altoona : **Autonomie 300mi / 480km** (8kg H2/100km)
- Puissance de pile **85 kW** (Ballard FCVelocity HD85)
- Batterie Li-ion A123 **100kWh** (apporte 8% d'autonomie additionnelle)
- Moteur Siemens ELFA2 160 kW
- 40 places assises / 42 debout
- Poids à vide : 32,250lbs / 14,628kg

En opération à ACTransit, Foothill Transit, Orange county, Golden Empire Transit, Sunline Transit (California)

## Overview

	CURRENT STATUS	SOURCE
Power plant life time	29,000 hours	NREL 2018 report
Bus availability	Up to 88%	NREL 2018 report
Refueling time	< 10 minutes (1/day)	NREL 2018 report
Bus cost (25 units, 2016)	\$1,235,000	New Flyer
Bus cost (100 units)	\$850,000 projected	New Flyer
Scheduled and unscheduled maintenance cost	\$0.22 - 0.73/mile	NREL 2018 report
Fuel economy	Up to 7.82 miles/DGE	NREL 2018 report
Range	199 - 348 miles	NREL 2018 report

Source : [https://www.californiahydrogen.org/wp-content/uploads/2019/09/CHBC-CaFCP-Fuel-Cell-Electric-Bus-Fact-Sheet\\_Sept-2019.pdf](https://www.californiahydrogen.org/wp-content/uploads/2019/09/CHBC-CaFCP-Fuel-Cell-Electric-Bus-Fact-Sheet_Sept-2019.pdf)

# Hyzon FCET 8



## VEHICLE CONTROL

- Proprietary vehicle software with integrated telematics and ADAS



- Remote monitoring
- Continuous over the air data access
- Supports maintenance scheduling

## CHASSIS

- Current status: Source mature products from suppliers
- Future status: Fuel cell optimized chassis under development

## eAXLES

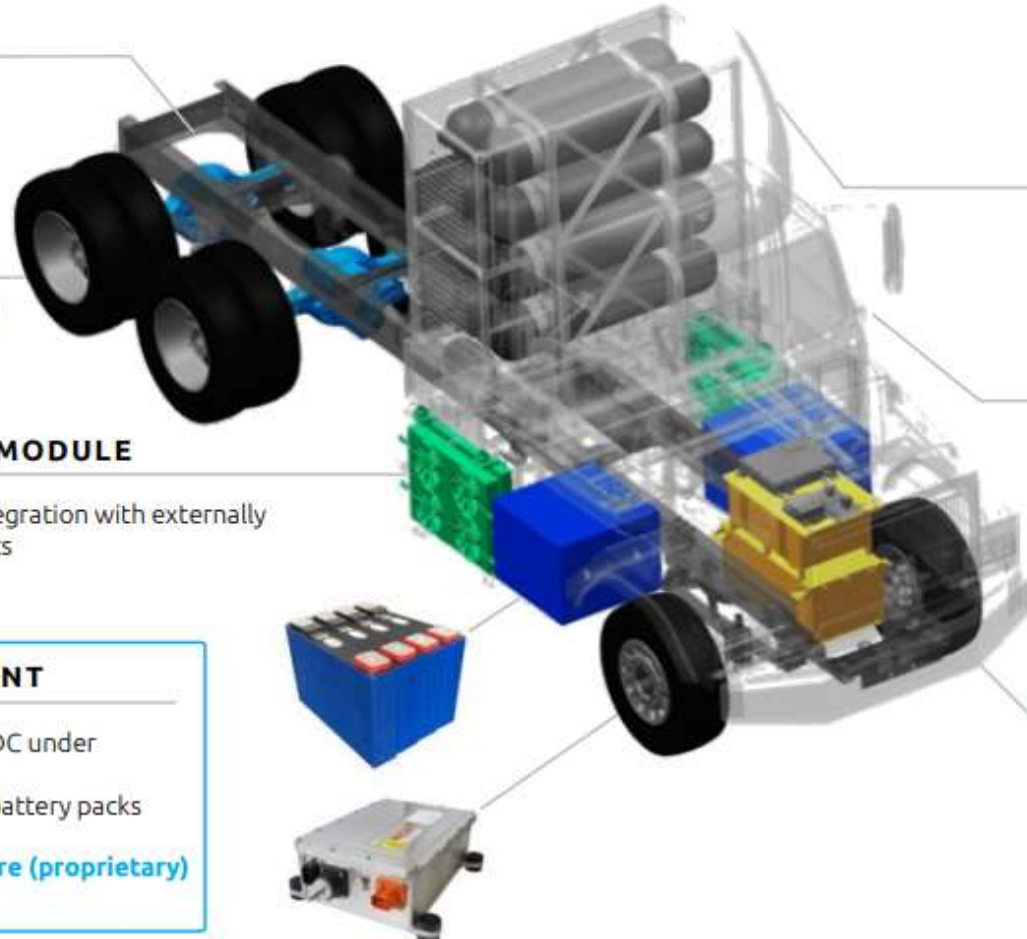
- Start from sourcing; co-develop advanced eAxles with partners
- **Control Software (proprietary)**

## THERMAL MODULE

- In-house integration with externally sourced parts

## EV POWER MANAGEMENT

- DC/DC: 4-in-1 integrated DC/DC under development
- Battery: In-house assembled battery packs and external battery packs
- **Power Management Software (proprietary)**



## HYDROGEN STORAGE (20-60kg)

- In-house production with externally sourced parts

## CAB

- Current status: Source mature products from suppliers
- Future status: Light weight composite cab under development

## FUEL CELL

- Fuel Cell Stack up to 500hp (in-house)
- Compressor (external & in-house)
- Humidifier (external & in-house)
- Anode management (in-house)
- Control software (proprietary)

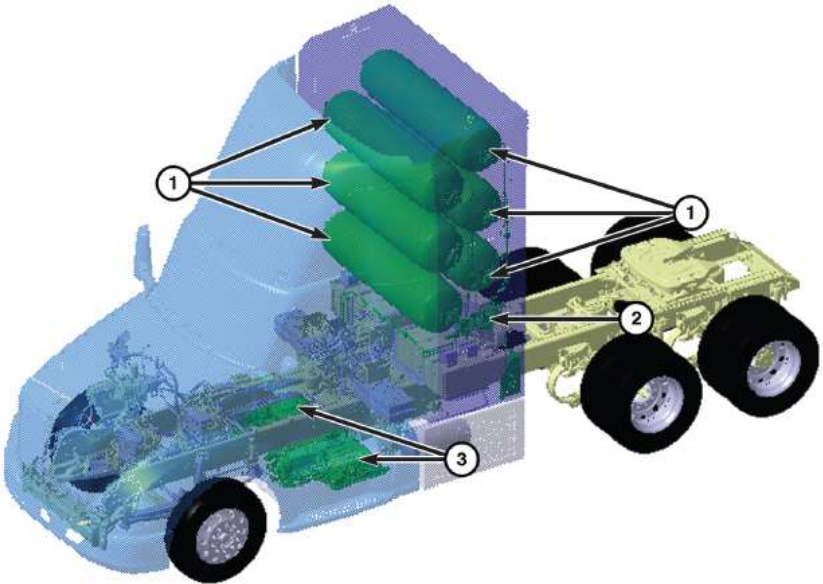


HYZON

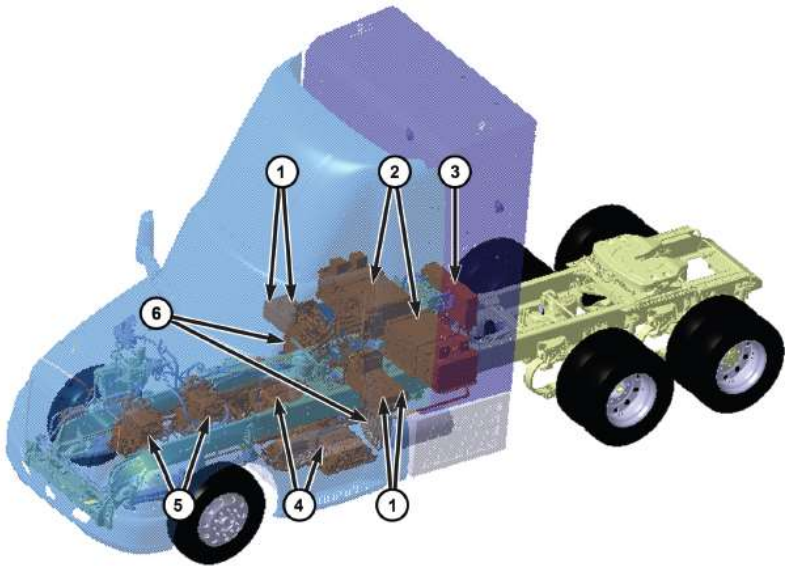
Source : Hyzon investor presentation



# Kenworth Toyota T680 (Zanzeff, Port of LA)





- ① Compressed Hydrogen Storage System (CHSS) cylinders
- ② Hydrogen lines
- ③ Fuel cell stacks



- ① High voltage bi-directional boost converters
- ② High voltage batteries
- ③ High voltage power distribution box
- ④ Fuel cell stacks
- ⑤ Power control units
- ⑥ Motor inverters

Source : <https://h2tools.org/sites/default/files/2021-03/FCEV%20HDT%20ZANZEFF%20ERG%202021.pdf>

# Tracteurs semi – vue d’ensemble

	  	  	  	  
Marque	Hyundai	Hyzon	Nikola	Kenworth
Modèle	Xcient FC	FCET 8	Tre                  Two	T680 Zanzoff (Port of LA)
Poids Max Combiné	82,000lbs			80,000lbs
Autonomie	400km (EU) 800km (US)	600-800km	800km                  1400km	500km
Masse / Pression d’H2	32kg @ 350b (EU) 64kg @ 700b (US)	50kg @ 350b 70kg @ 350b	70kg                  120kg @ 700b	60kg @ 700b
Temps de remplissage	8-20min (EU)		60min (target 10-20min)	
Puissance moteur	350kW (Siemens)	320kW	475kW	500kW
Puissance de PC (fournisseur)	190kW (2x95kW ; Hyundai)	120kW (Horizon)	120kW-240kW (Bosch)	226kW (Toyota)
Capacité de batterie	73,2kWh (Akasol)	110kWh	Proterra	12kWh
Site de production	Korea (US in preparation)	TBD (US)	Coolidge, AZ (US)	TBD (US)
Date de production	2020 (2023)	2023 ? (US)	2023                  2024	2023 – 2024 ?

Source : Manufacturers websites and press releases

# Tracteurs double-remorque – vue d’ensemble

	 <p>HYZON</p>	 <p>AZETEC ALBERTA ZERO EMISSIONS TRUCK ELECTRIFICATION COLLABORATION</p>
Marque	Hyzon	Freightliner
Modèle	Triple trailer Road train	Cascadia Azetec project (Alberta)
Poids Max Combiné	154,000lbs	140,000lbs
Autonomie	NC	700km
Masse / Pression d’H2	NC	NC
Temps de remplissage	NC	NC
Puissance moteur	NC	(Dana)
Puissance de PC (fournisseur)	370kW (Horizon)	(Ballard)
Capacité de batterie	NC	NC
Site de production	Australie (5 units)	N/A (2xProto)
Date de production	End 2022	N/A (2xProto)



Source : Manufacturers websites and press releases

# Camions porteurs – vue d’ensemble



	  	  	  	  
Marque	Hyundai	Hyzon	PlugPower	Gaussin
Modèle	Xcient FC	FCET 6	Lightning Motors GM6500XD cabover	Dakar race truck (Magna)
Poids Max en charge	42,000lbs (class8)	30,000lbs (class7)	26,000lbs (class6)	NC
Autonomie	400km (est)	560km	320-640km	250km (race) – 800km
Masse / Pression d’H2	32kg @ 350b	40kg @ 350b	20-40kg	80kg H2 (Faurecia)
Temps de remplissage	NC	NC	NC	20min
Puissance moteur	350kW (Siemens)	320kW (Horizon)	220kW (Lightning System)	2x300kW
Puissance de PC (fournisseur)	190kW (2x95 , Hyundai)	100kW	90kW (3x30, Plug Power)	380kW (Plug Power)
Capacité de batterie	73,2kWh (Akasol)	55kWh	64kWh (Lightning System)	82kWh (Microvast)
Site de production	Korea	TBD (US)	Latham, NY (US)	NC
Date de production	2023 ? (US)	2023 ? (US)	2022 ?	NC

Source : Manufacturers websites and press releases

# Tracteurs de cour – vue d'ensemble

	  	  	  
Marque	Capacity (REV Group)	Gaussin	Terberg
Modèle	NC	ATM-H2	YT-203 H2 (POC 2020)
Poids Max	NC	NC	NC
Autonomie	NC	NC	Full day of operation
Masse / Pression d'H2	NC	Faurecia	14.4kg @350b
Temps de remplissage	NC	NC	NC
Puissance moteur	NC	NC	NC
Puissance de PC (fournisseur)	(Nuvera – Hyster Yale)	PlugPower	NC (Zepp-solutions)
Capacité de batterie	NC	Microvast	NC
Site de production	Longview, TX (US)	NC	NC
Date de production	NC	NC	NC



Source : Manufacturers websites and press releases

# Autocars



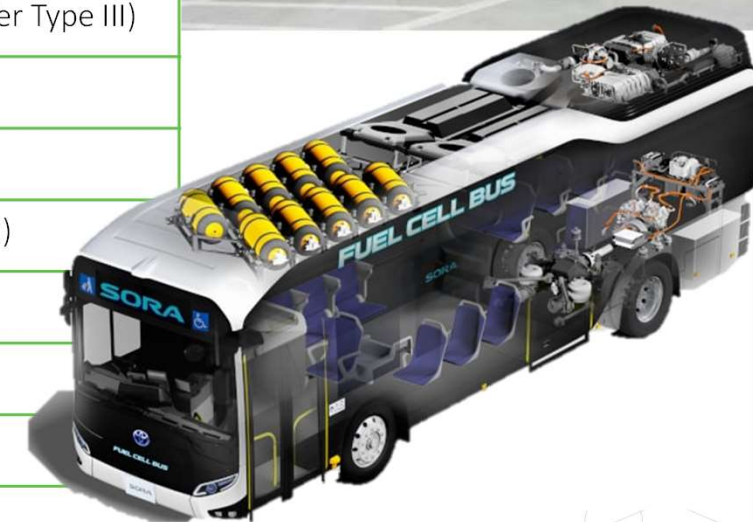
Marque	Hyzon
Modèle	Coach
Nombre de passagers	50 passagers
Autonomie	400km
Masse / Pression d'H2	35kg @ 350b
Temps de remplissage	NC
Puissance moteur	350kW
Puissance de PC (fournisseur)	100kW (Horizon)
Capacité de batterie	141kWh
Site de production	Australia
Date de production	2022 (Australia)



Source : Manufacturers websites and press releases

# Autobus – vue d’ensemble

			
Marque	New Flyer	Van Hool	ENC
Modèle	Xcelsior CHARGE H2	A330	AFCB / Access
Nombre de passagers	40-80 passagers	74 passagers	71 passagers
Autonomie	560km	350km	400-500km
Masse / Pression d’H2	37,5kg @ 300b (Hexagon type IV)	38,5kg @ 350b	50-60kg @ 350b (Luxfer Type III)
Temps de remplissage	6-10min	NC	NC
Puissance moteur	160kW (Siemens)	160kW (Siemens)	160kW (BAE System)
Puissance de PC (fournisseur)	85kW (Ballard)	85kW (Ballard)	85kW -150kW (Ballard)
Capacité de batterie	100-150kWh (A123)	24kWh (ACTIA)	11.2kWh
Site de production	Winnipeg, MB (CA)	Koningshooikt (BE)	Riverside, CA (US)
Date de production	2019	2020	2018



Source : Manufacturers websites and press releases

[https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta013\\_eudy\\_2020\\_o.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review20/ta013_eudy_2020_o.pdf)

<https://www.altoonabustest.psu.edu/bus-list.aspx>

# Concept de camion à l'hydrogène liquide

	  
Marque	Mercedes-Benz
Modèle	GenH2
Poids Max Combiné	88,000lbs
Autonomie	1000km
Masse / Pression d'H2	2x40kg Liquid H2 (-253degC)
Temps de remplissage	10-15min (est.)
Puissance moteur	2x 230kW
Puissance de PC (fournisseur)	2x 150kW
Capacité de batterie	70kWh
Site de production	TBD
Date de production	>2025

Chart Industries Introduces On-Board Vehicle Liquid Hydrogen (HLH2) Fuel System at the ACT Expo, Long Beach, California USA, September 1, 2021



Source : Manufacturers websites and press releases



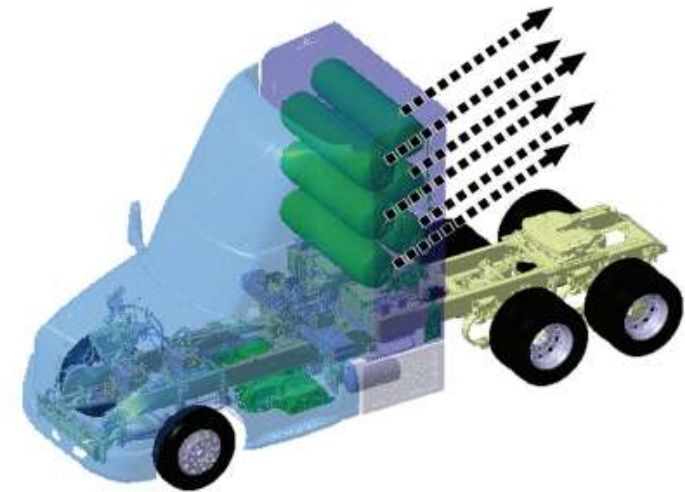
# Sécurité

## Hydrogen Detectors

In case of hydrogen leakage, the hydrogen detectors equipped on the truck detect the hydrogen leak and shut off the supply of hydrogen by means of solenoid valves on the cylinders to prevent a mass leak. Also, hydrogen-related parts are located outside the cabin to allow leaked hydrogen to be easily diffused.



## Hydrogen Safety Release Valves




Each Compressed Hydrogen Storage System cylinder is equipped with a Thermally Activated Pressure Relief Device (TPRD) in order to prevent an explosion in the rare event that the temperature of the hydrogen reaches abnormal levels due to a fire. The pressure relief device will open at 110°C (230°F) to release the hydrogen gas in the cylinder toward the rear of the cab at an upward diagonal. Note that if the valves open, a loud hiss or roar will be heard, and the hydrogen may catch fire as it is released.

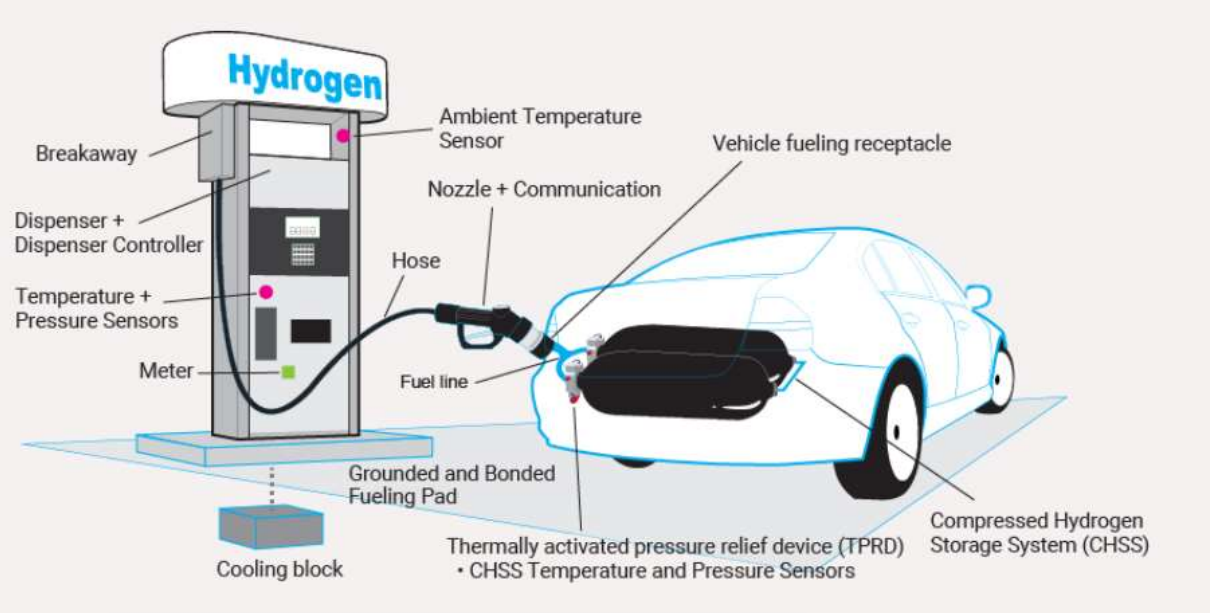
- Tous les carburants sont dangereux. Une fuite d'hydrogène se dissipe très rapidement dans l'atmosphère
- Des procédures et des formations sont disponibles pour assurer la sécurité en opération.
- Pas d'incident rapporté dans l'actualité

Source : <https://h2tools.org/sites/default/files/2021-03/FCEV%20HDT%20ZANZEFF%20ERG%202021.pdf>

Kenworth – Toyota Emergency response guide (CARB Zanzeff project)

 **WARNING** If the Thermally Activated Pressure Relief Devices open, stay a safe distance away from the truck until the hydrogen has dissipated.

# Infrastructures de remplissage



WEH® FUELING NOZZLE TK16 H<sub>2</sub>  
HIGH-FLOW FOR FAST FILLING  
BUSES AND TRUCKS, SELF-SERVICE,  
35 MPA



WEH® FUELING NOZZLE TK16 H<sub>2</sub>  
HIGH FLOW WITH DATA INTERFACE  
FOR FAST FILLING BUSES AND  
TRUCKS, SELF-SERVICE, 35 MPA



WEH® RECEPTACLE TN5 H<sub>2</sub> WITH  
TUBE Ø 16



Source : <https://h2me.eu/about/how-an-hrs-works/>

Boosters de compression

# Performance économique



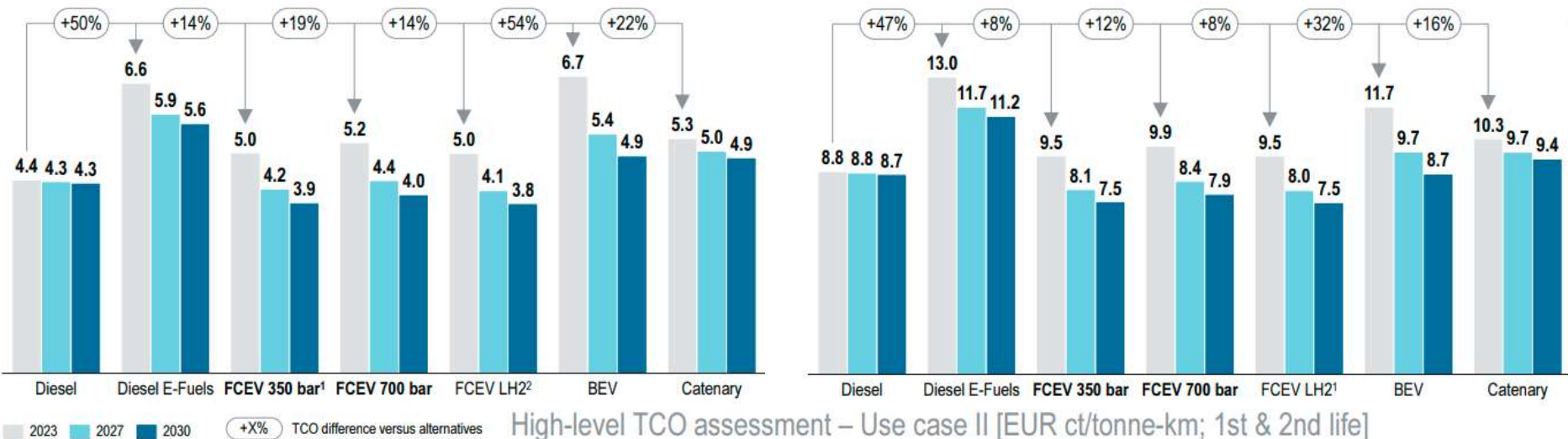
## Business cases and total cost of ownership model

The total cost of ownership (TCO) modelling of trucks with conventional and alternative powertrains shows that fuel cell technology has a significant cost down potential at scale (not based on prototype cost). This applies to the three use cases developed for the analysis, related to different operation patterns and truck types. While the results reveal a cost premium of up to 22% for fuel cell trucks over diesel trucks in 2023, the analysis indicates a clear trend towards cost competitiveness for all H<sub>2</sub> storage technologies until 2030. In comparison with battery electric trucks, FCH trucks show lower TCO results across the years for the long- and medium-haul use cases. In the third use case on regional logistics, battery electric trucks have a cost advantage compared to FCH technology. Cost of powertrain (CAPEX) and energy/fuel costs (OPEX) are identified as the main cost drivers. Moreover, road toll is a potential key lever to enable business cases already in the short-term.

Source : Study Report Fuel Cell Hydrogen Trucks – Roland Berger –Dec 2020

1 Use case I – Tractor 4x2, 140,000 km annual mileage

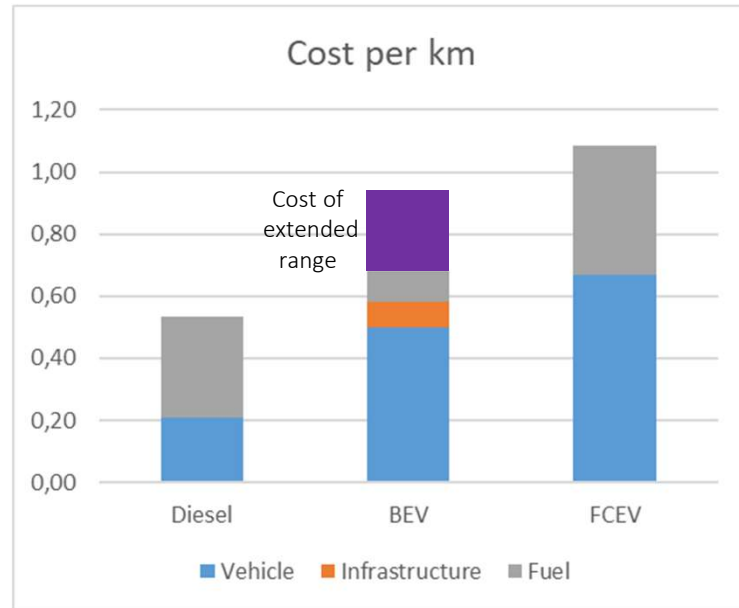
2 Use case II – Rigid 6x2, 95,000 km annual mileage



Conclusion :  
+8% to +19% TCO à court terme  
Parité vers 2027 / 2030

# Performance économique

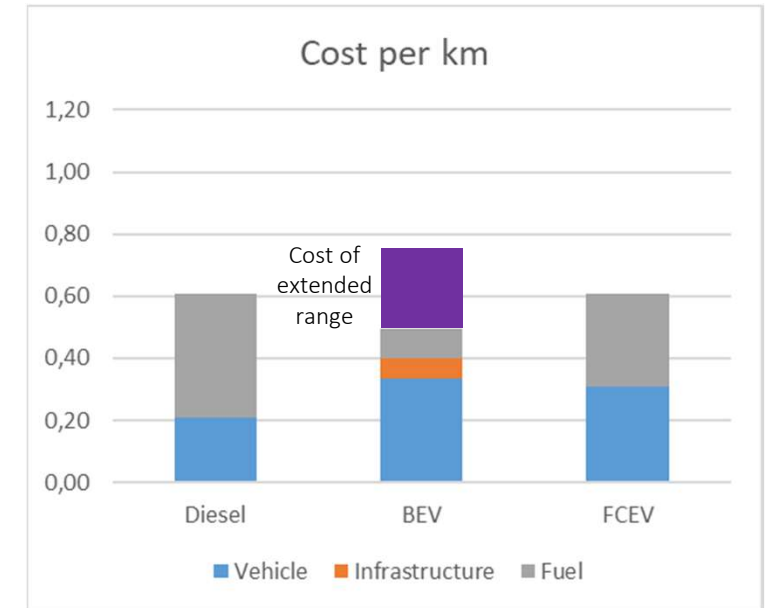
Aujourd'hui



## Tendances du marché

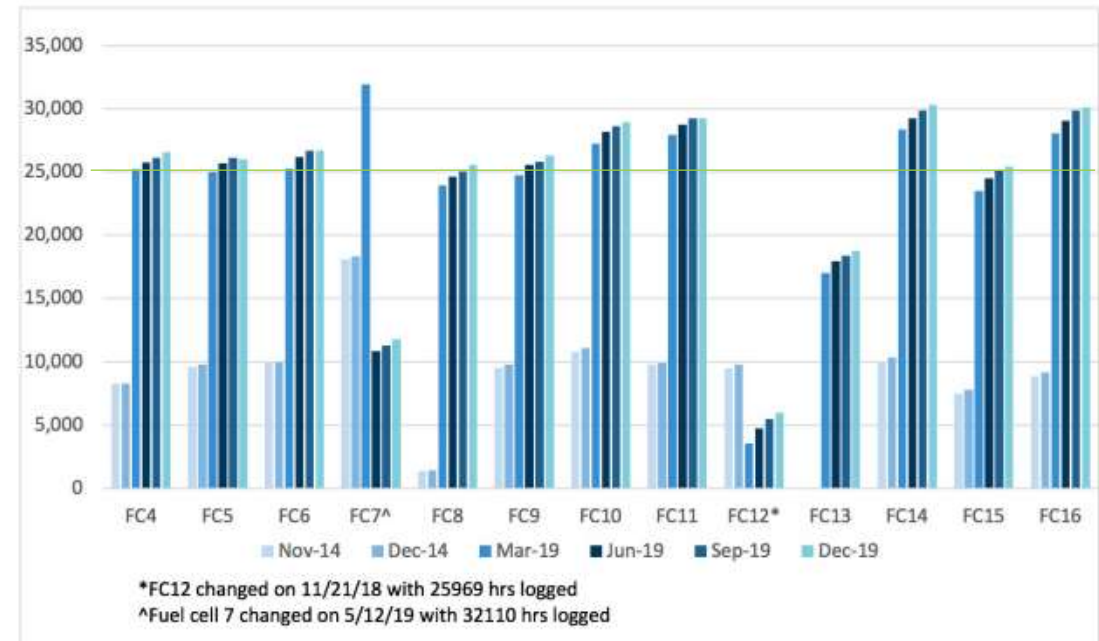
- Prix Diesel ↗
- Prix Batteries ↘ (volume marché vs rareté)
- Prix Piles à combustible ↘ (volume)
- Prix Réservoirs H2 ↘ (volumes vs rareté)
- Prix du carburant H2 ↘ (investissements dans les infrastructures)

Projection moyen terme

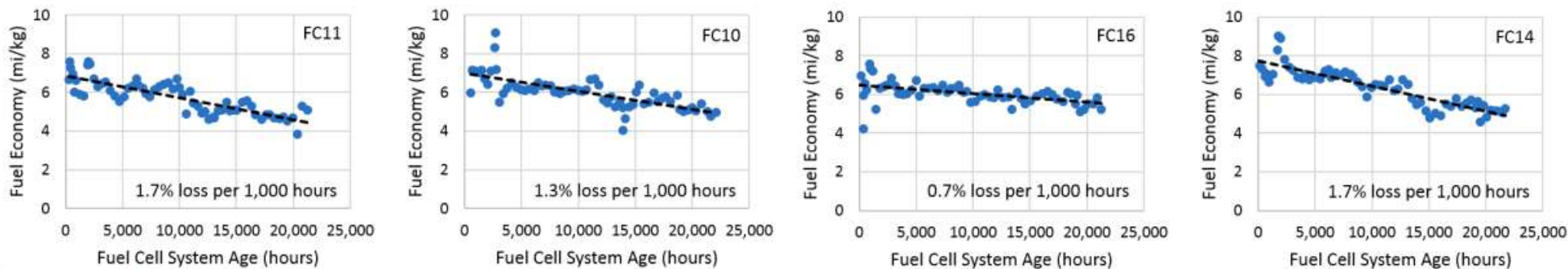


# Durabilité des piles à combustibles

- Les mesures de durabilités sont peu courantes.
- L'expérience de AC Transit sur 13 autobus montre que les piles à combustibles durent au-delà de leur durée de vie prévue.
  - Source : AC Transit Fuel Cell Bus Longevity Study – July 2020  
[https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/2020-07/FTA\\_Report\\_No.\\_0169%20%28002%29.pdf](https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/2020-07/FTA_Report_No._0169%20%28002%29.pdf)
- Les mesures montrent les dégradations de la puissance et de la consommation avec le vieillissement des piles.
- En fin de vie, la pile peut être remise à neuf pour environ 40% à 50% du prix d'acquisition initial.



**Figure 3-10**  
Fuel cell hours over time for FCEB fleet



**Figure 2:** Recorded fuel economy of four representative FCEBs, with linear fits used to determine the average rate of fuel economy loss.



# Conclusions


Le carburant d'avenir maintenant disponible


- Après les vagues successives des automobiles électriques (2010), des autobus électriques (2015-2017), des camions électriques (2020-2021), la vague des camions à hydrogène (2023-2025) va compléter l'offre zéro-émission sur le segment des véhicules lourds.
- L'hydrogène vert est une solution **disponible** et **complémentaire** des véhicules à batteries répondant à l'enjeu de décarbonation du transport lourd en minimisant les impacts opérationnels.
- La technologie est disponible et **abordable**, et on peut s'attendre à ce que les volumes de production des véhicules et du carburant ramènent les coûts à **parité** avec le Diesel d'ici 2030.

Merci de votre  
attention

**Amp&A\*le**  
Consulting

Frédéric Delrieu 

(514) 706 2423 

frederic@ampaxle.com 

[www.ampaxle.com](http://www.ampaxle.com) 