

# Marchés & Technologies avancés

## Hydrogène – Pour le transport propre

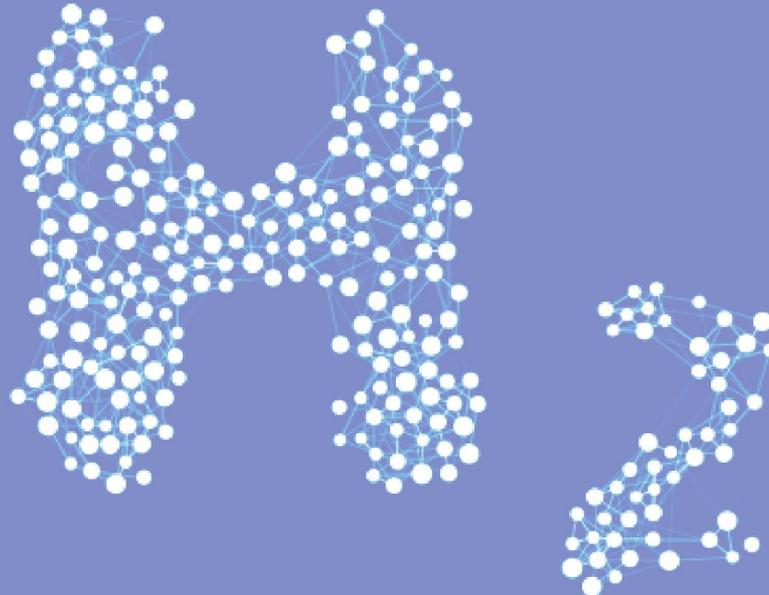
Juin 2016 | Marchés & Technologies avancés



# Accélérer la transition énergétique – Agenda

1. Hydrogène – contexte énergétique mondial
2. La molécule d'hydrogène et ses applications
3. Pourquoi l'énergie hydrogène est la solution
4. La stratégie Hydrogène d'Air Liquide d'ici 2020
5. Et si nous anticipions l'avenir ?

# 1. Hydrogène – contexte énergétique mondial



# Crise mondiale liée aux changements climatiques



Il est impératif de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub>

Réglementation et financement



PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21-CMP11

Europe

**-80 %**

sur les émissions de GES  
d'ici 2050

Japon

**-80 %**

d'ici 2050

USA

**-28 %**

d'ici 2030

Chine

**20 %**

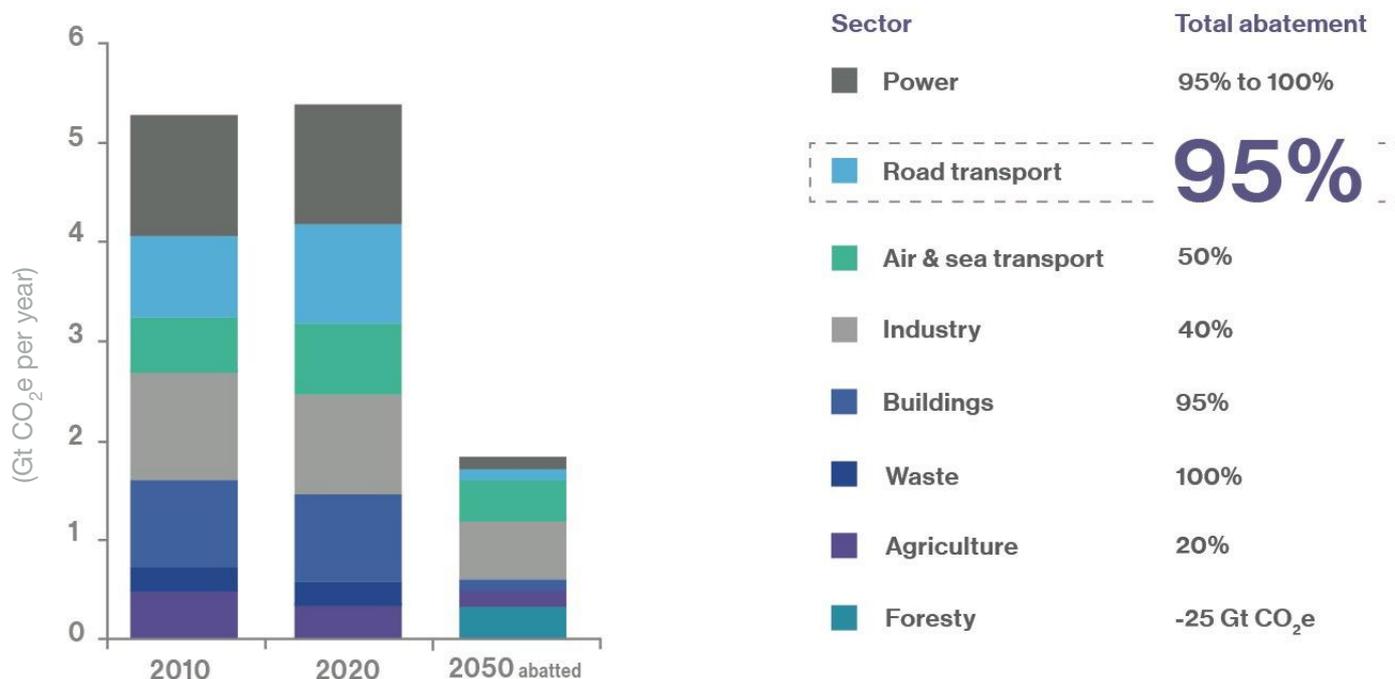
non-fossile d'ici 2030

# Le défi de l'Europe en matière d'émissions

## Politiques énergétiques et climatiques agressives

- Fort impact sur le transport routier et les émissions du secteur énergétique
- Pour atteindre les objectifs, nous devons réduire les émissions liées au transport de 95 % d'ici 2050

EU 27 total GHG emissions



(1) Les données de référence, qui s'appuient sur le World Energy Outlook 2009 publié par l'AIE, prévoient déjà d'importantes améliorations de l'efficacité énergétique, notamment concernant l'industrie.

(2) Les estimations de réduction par secteur reposent sur la Global GHG Cost Curve du cabinet-conseil McKinsey.

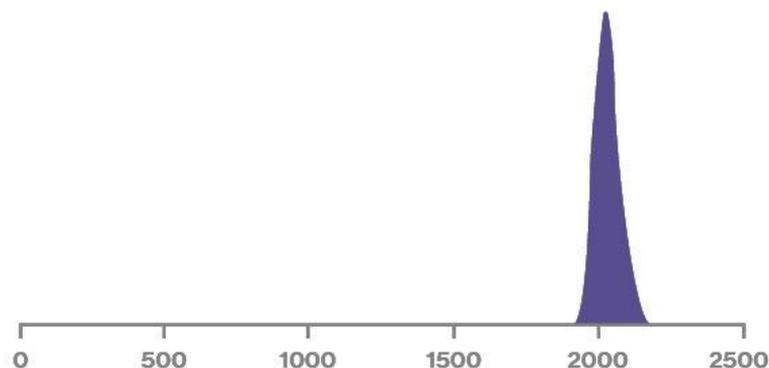
(3) CCS appliqué à 50 % des grands secteurs industriels (ciment, chimie, sidérurgie, pétrole et gaz, non appliqué à d'autres secteurs).

Source : [www.roadmap2050.eu](http://www.roadmap2050.eu)

Ce document est **PUBLIC**

# Quel avenir après l'épuisement des réserves de pétrole ?

Oil production from birth of Christ to 2500



- Le pétrole bon marché et abondant a porté l'essor fulgurant de notre société...
- L'enjeu majeur aujourd'hui est notre mobilité, entre autres...



## 2. La molécule d'hydrogène et ses applications



This document is **PUBLIC**

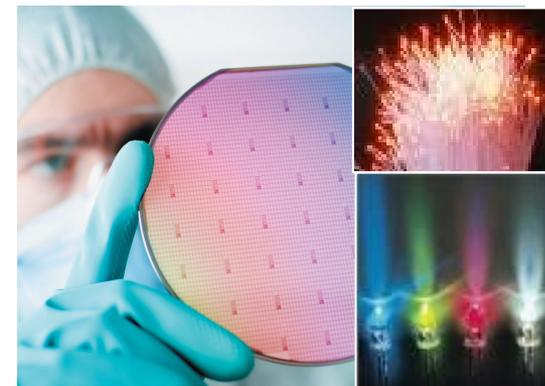
# De nombreuses applications existantes pour l'hydrogène...



Traitement  
thermique



Verre



H<sub>2</sub> ultra pur  
<1ppb



Chimie &  
Raffinage du pétrole

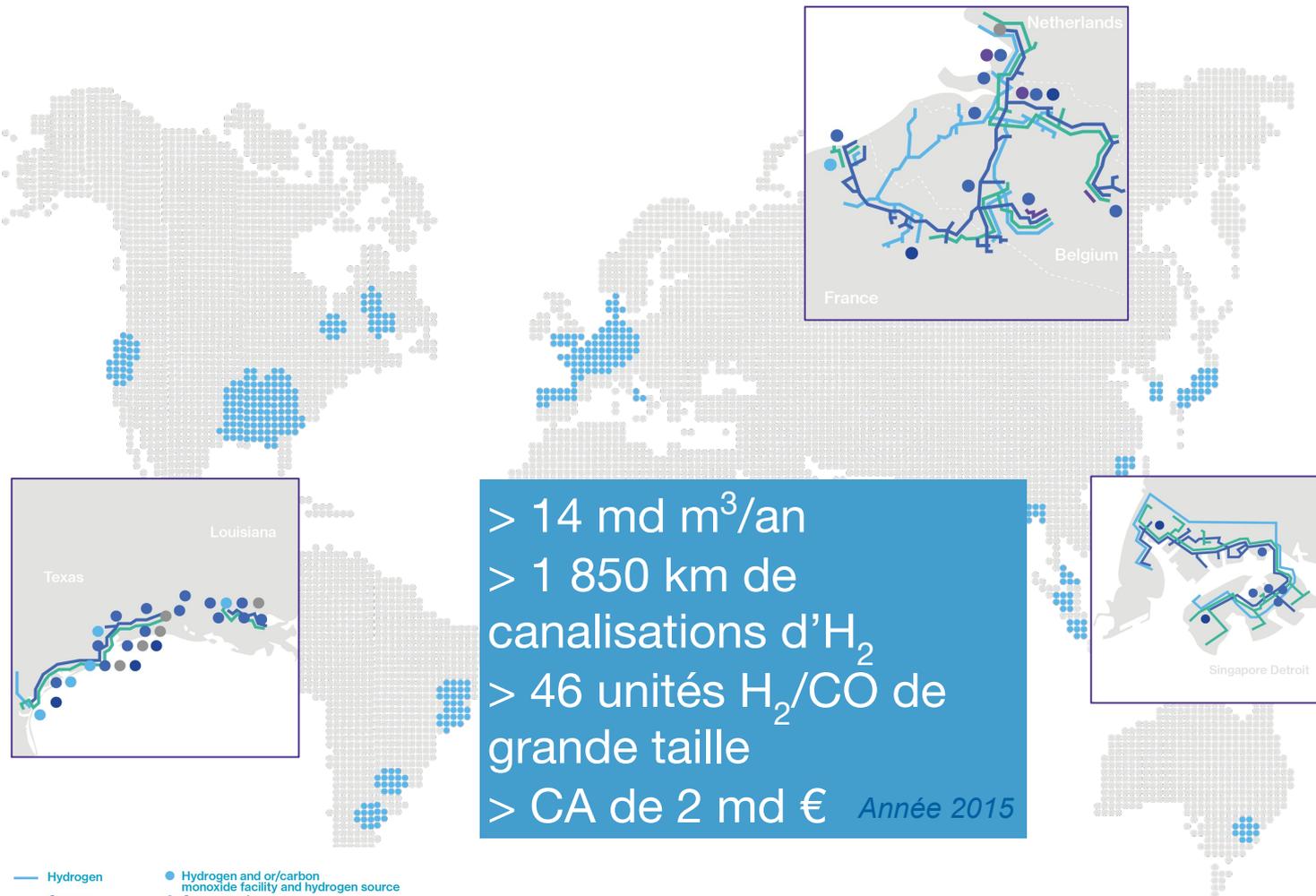


Fusées



Véhicules électriques  
à hydrogène

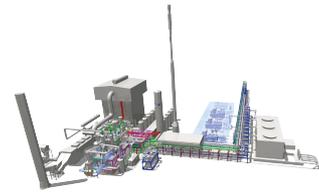
# 40 ans d'investissements à l'international dans l'hydrogène



> 14 md m<sup>3</sup>/an  
 > 1 850 km de canalisations d'H<sub>2</sub>  
 > 46 unités H<sub>2</sub>/CO de grande taille  
 > CA de 2 md € *Année 2015*

- Hydrogen
- Oxygen
- Nitrogen
- Synthetic gas
- Hydrogen and or/carbon monoxide facility and hydrogen source
- Oxygen and nitrogen facility
- Cogeneration facility
- Synthetic gas facility

## Production



## Distribution



## Applications



Ce document est PUBLIC

# 3. Pourquoi l'hydrogène énergie est la solution



© Toyota

This document is **PUBLIC**

10

Date: 2016

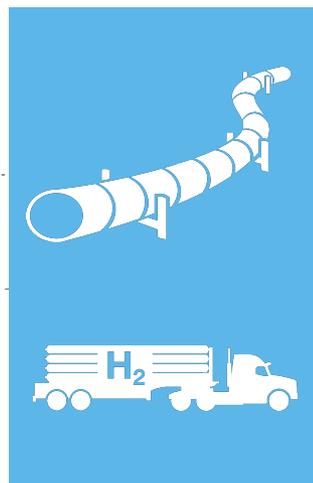
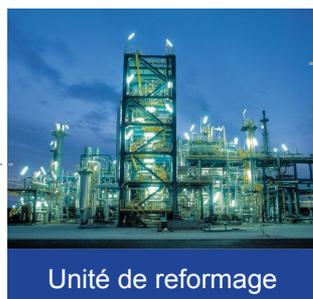
aB&T Hydrogen Energy

World leader in gases, technologies and services for Industry and Health



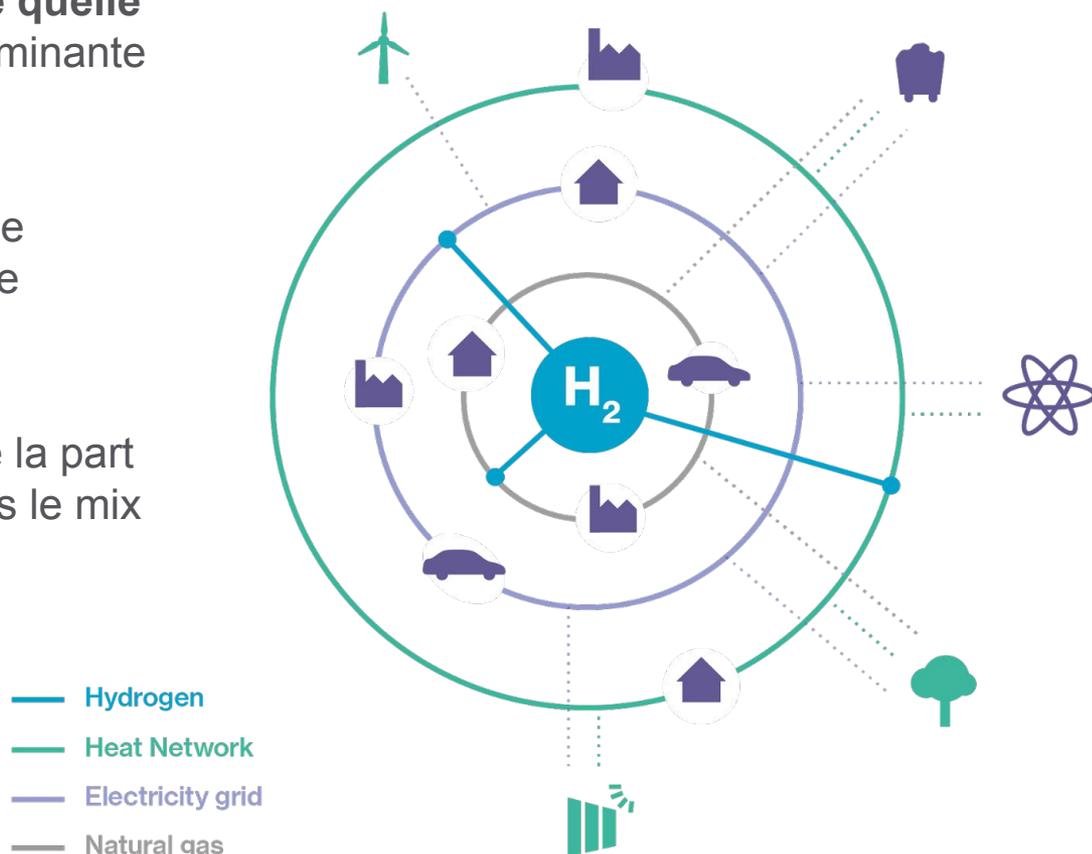
# L'hydrogène : des solutions exceptionnelles en matière de transport

- L'hydrogène, inépuisable, est l'élément le plus abondant dans l'univers
- H<sub>2</sub> ne produit aucune émission polluante, uniquement de l'eau
- Affiche des performances supérieures à celle des batteries électriques



# Au-delà de la mobilité, l'H<sub>2</sub> est le vecteur d'énergie du futur

- Production à partir de **n'importe quelle** source d'énergie primaire prédominante dans une région
- Plus grande flexibilité du système énergétique, grâce à la facilité de stockage
- Élément essentiel pour accroître la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique



Référence : Feuille de route technologique de l'AIE, Hydrogen & Fuel cells, 2015

# Le grand public s'approprie l'Hydrogène – et l'attend

L'utilisation de l'H<sub>2</sub> en matière de mobilité n'a rien de nouveau. Elle est plus que jamais d'actualité, popularisée et considérée comme une solution clé dans de nombreux domaines à l'avenir



Autoroute de l'hydrogène d'Arnold Schwarzenegger en 2014



Jay Leno, Honda Clarity, 2014



Essai dans la Vallée de la Mort en 2014



Scandale des émissions en 2015



Précieuses économies de kérosène en 2016

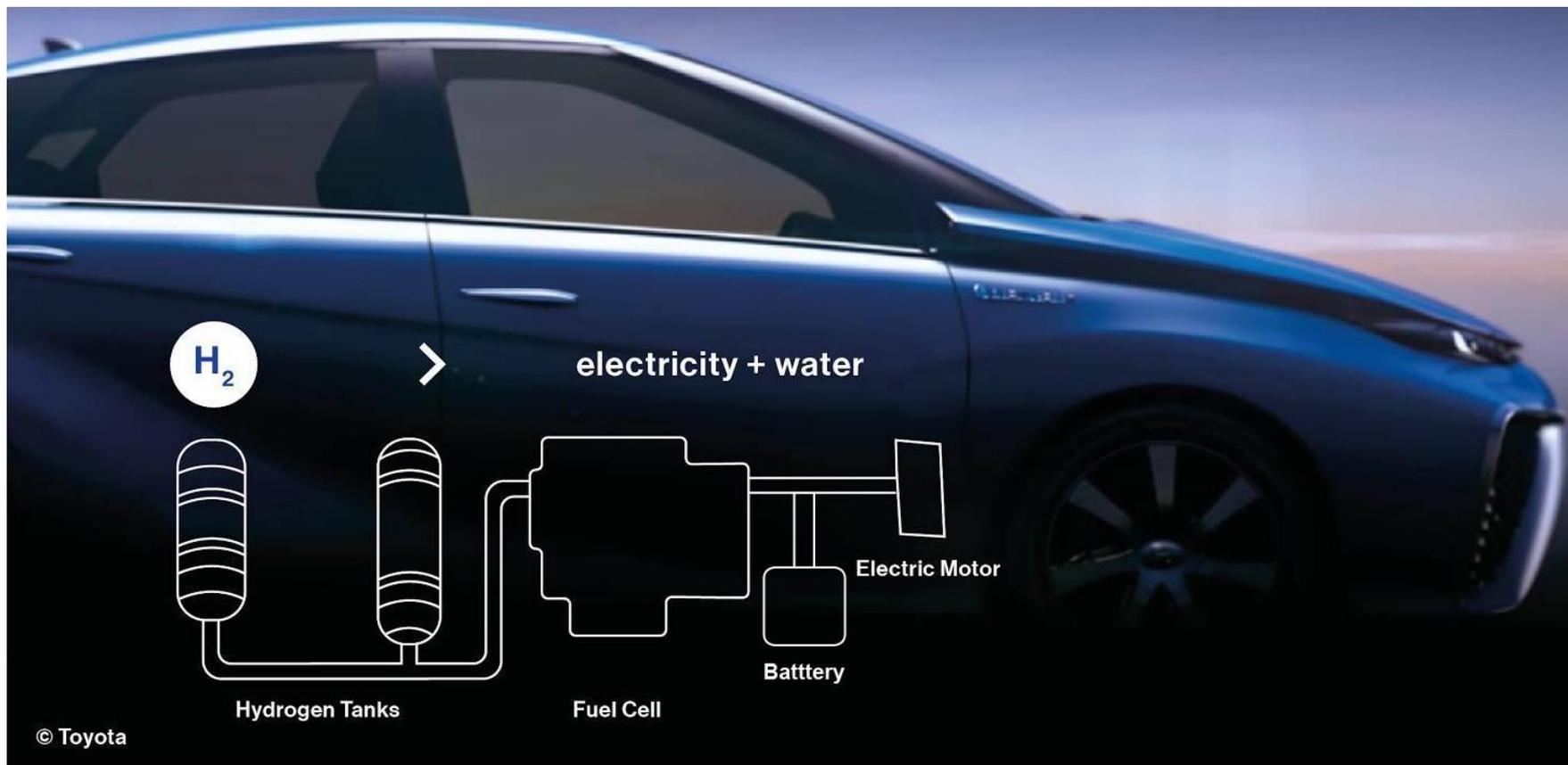


L'hydrogène énergie pour les JO de Tokyo en 2020

Ce document est PUBLIC

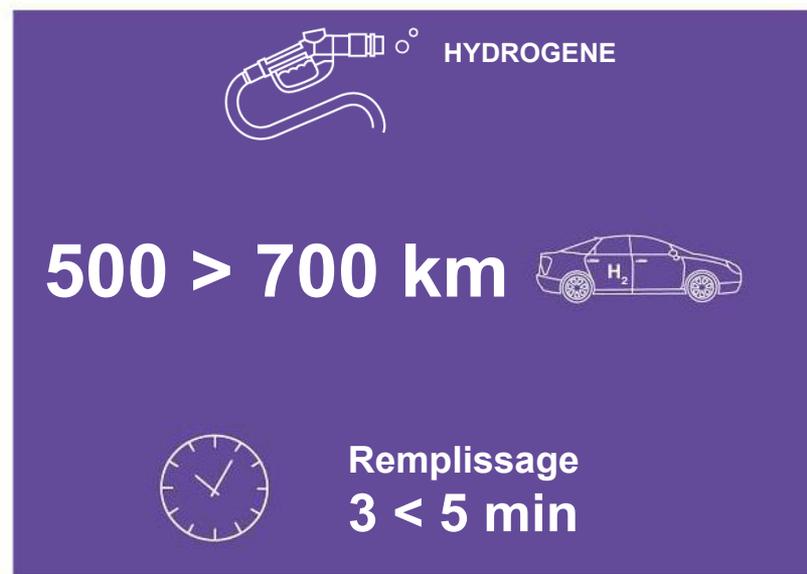
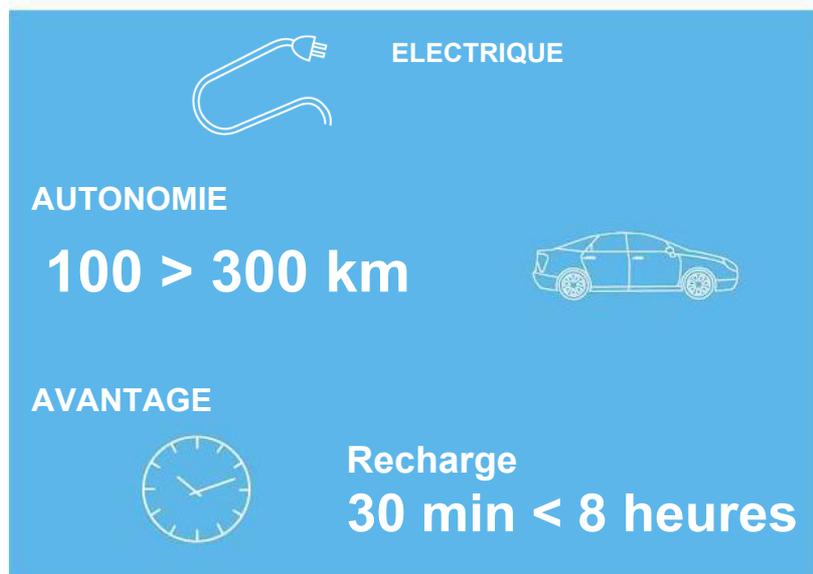
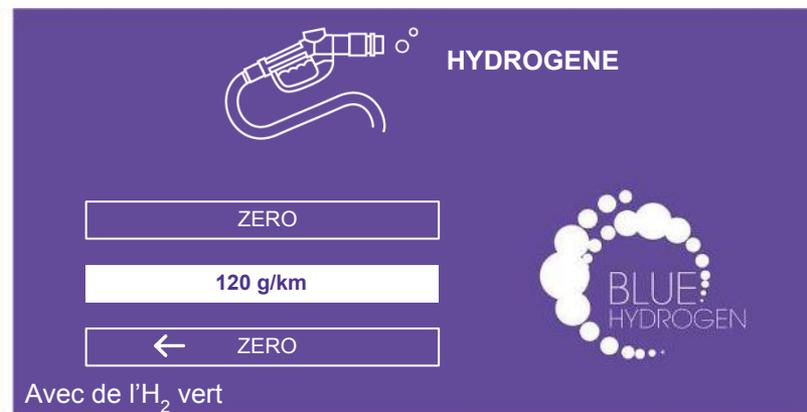
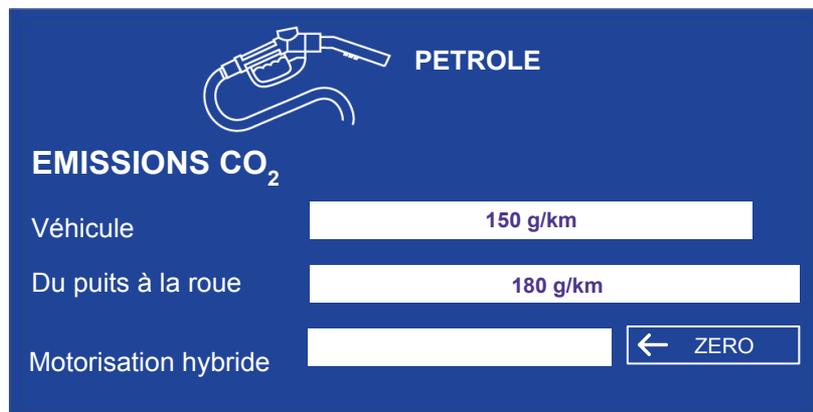
# Un Véhicule électrique à hydrogène (FCEV)

La production d'électricité à partir de l'hydrogène et de l'oxygène peut être appliquée à tout type de véhicule – voitures, bus, charriots élévateurs, camions, trains, avions



Ce document est PUBLIC

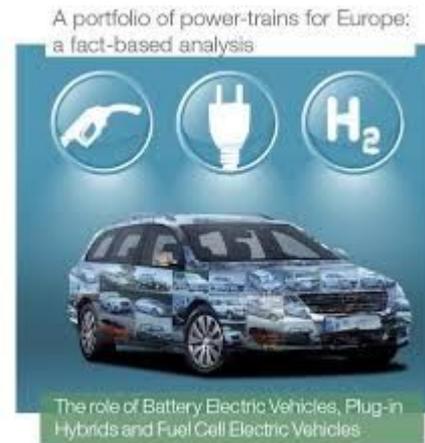
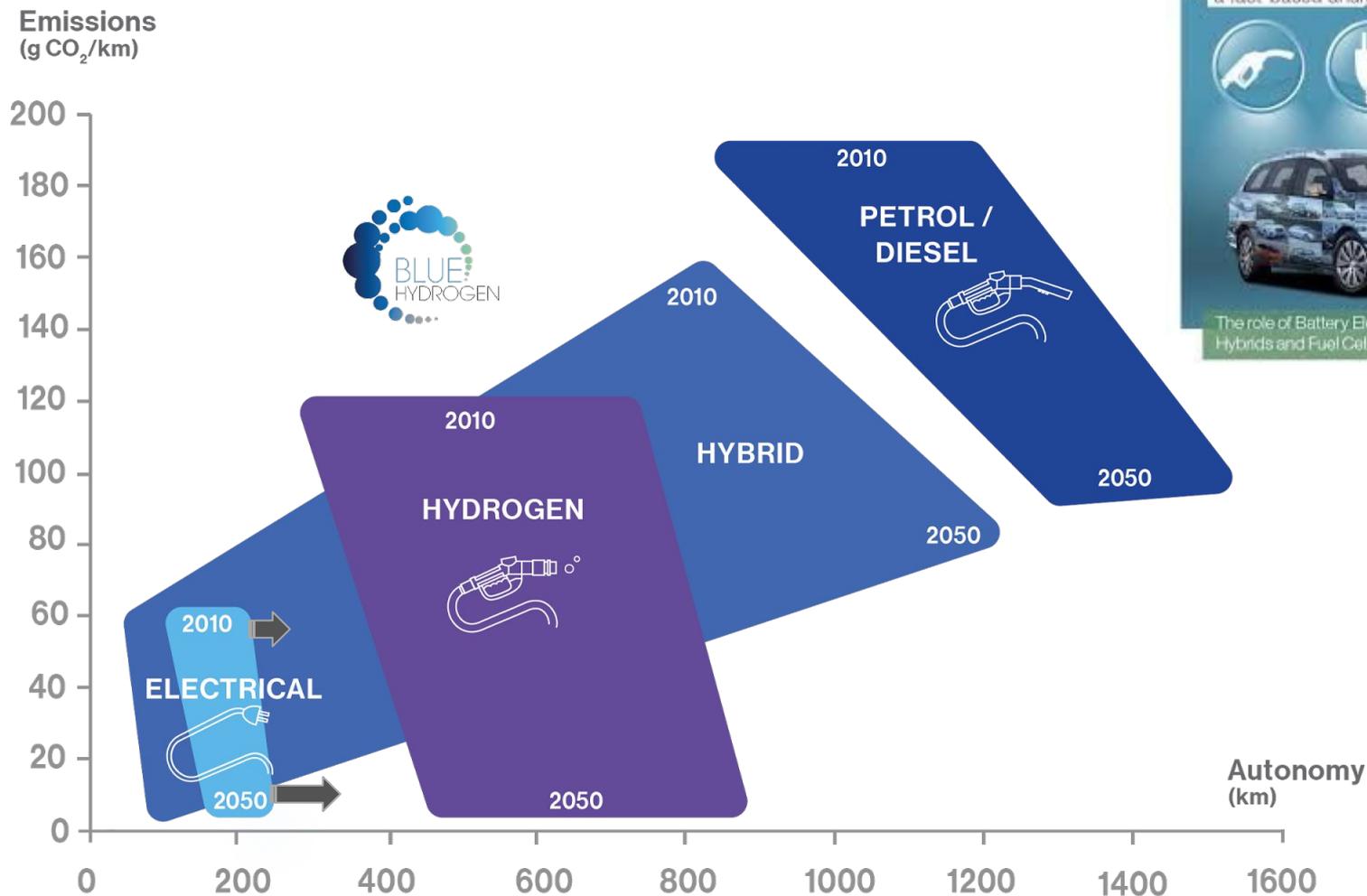
# Hydrogène : des performances inégalées par ailleurs



Source : Mc Kinsey, 2011, EU Powertrain Report

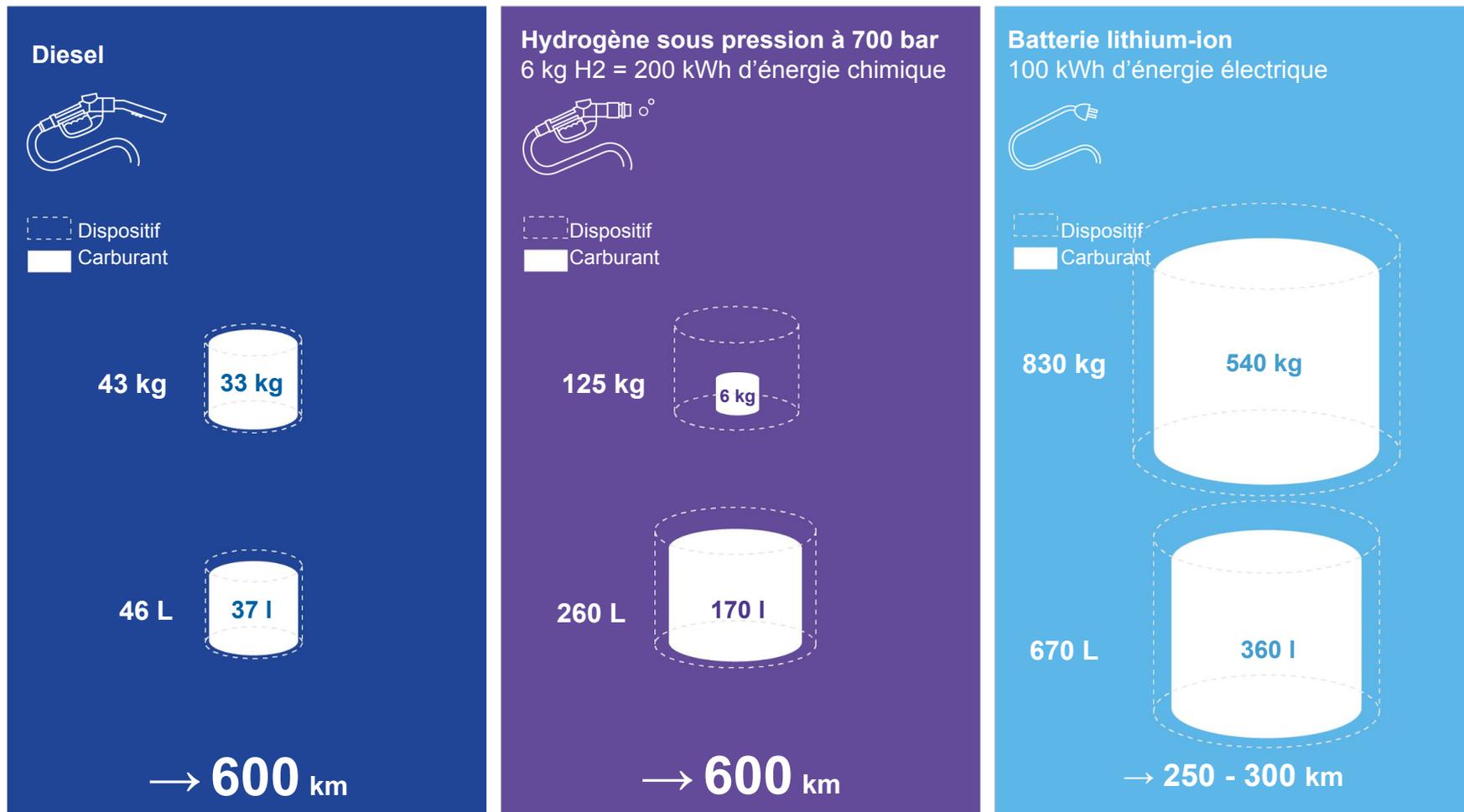
Ce document est **PUBLIC**

# Hydrogène : des performances inégalées par ailleurs



# La densité énergétique de l'H<sub>2</sub> est des plus efficaces

Poids et volume des dispositifs de stockage selon les sources d'énergie



Source: Opel

Ce document est PUBLIC

# La révolution des motorisations profite à l'H<sub>2</sub>...

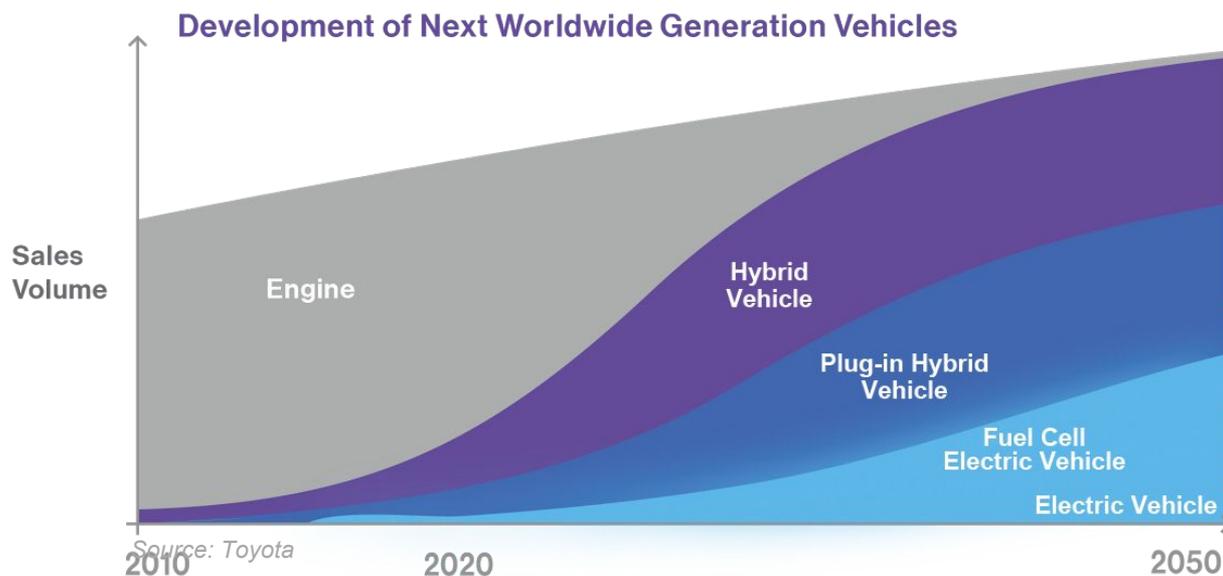
## D'ici 2050, 1 personne sur 4

conduira déjà une voiture alimentée à l'hydrogène

L'hydrogène sera accessible en tout lieu, à l'image du pétrole aujourd'hui



DAIMLER



L'électrification des véhicules favorisera la transition vers les FCEV

Ce document est PUBLIC

# Les principaux fabricants automobiles ouvrent la voie



- Modèle Mirai sur le marché depuis 2015
- Capacité de production = 3 000 / an
- 30 000 / an à partir de 2020



- Modèle Tucson sur le marché depuis 2014
- Capacité de production = 1 000 / an
- 6 000 / an à partir de 2018



- Modèle Clarity sur le marché depuis 2016
- Capacité de production = 1,000 / an

- Commercialisation d'un nouveau modèle en 2017

DAIMLER

# 4. La stratégie Hydrogène d'Air Liquide d'ici 2020



This document is **PUBLIC**

# Notre ambition : être leader de la mobilité H<sub>2</sub>

- Mener l'**ouverture des marchés de l'énergie hydrogène** et notamment de la mobilité H<sub>2</sub>
- **Etre un acteur majeur de la mobilité**  
Rester leader sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de la production d'H<sub>2</sub> à la distribution à la station

TECHNOLOGIE

INVESTISSEMENT

EXPERIENCE  
CLIENT

# Etre leader de la mobilité H<sub>2</sub> – 3 piliers

1

TECHNOLOGIE

2

INVESTISSEMENT

3

EXPERIENCE  
CLIENT

# S'appuyer sur la technologie tout au long de la chaîne

Application



Efficace  
Durable  
Sûr  
Fiable  
Compétitif

Livraison



La technologie est présente sur toute la chaîne de valeur de l'Energie Hydrogène

Stockage & transport



Production



# Toutes nos initiatives visent une mobilité zéro CO<sub>2</sub>

50 % d'énergie H<sub>2</sub> à partir de procédés sans rejet de CO<sub>2</sub> d'ici 2020

Un engagement pour satisfaire aux **exigences environnementales** et aux **contraintes économiques**

## Objectif "Blue H<sub>2</sub>"

1. Reformage du gaz naturel + CCS
2. Electrolyse de l'eau (renouvelable, nucléaire)
3. Gazéification de la biomasse
4. Reformage du biogaz



# Etre leader de la mobilité H<sub>2</sub> – 3 piliers

1

TECHNOLOGIE

2

INVESTISSEMENT

3

EXPERIENCE  
CLIENT

# Être pionnier pour la mobilité H<sub>2</sub> partout dans le monde

Stations d'hydrogène d'Air Liquide

75

livrées  
à fin 2015

12

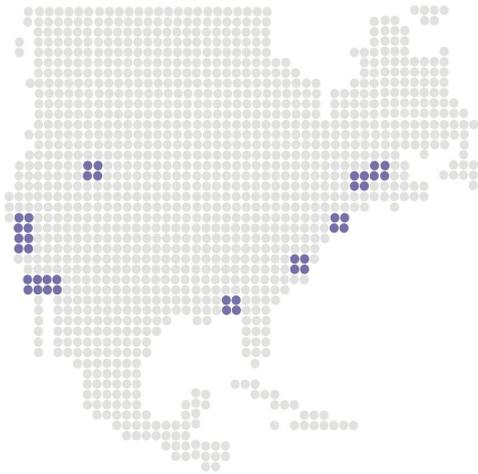
Financées et exploitées  
par Air Liquide en 2015

26

en 2016

40

en 2017



Amériques



Europe

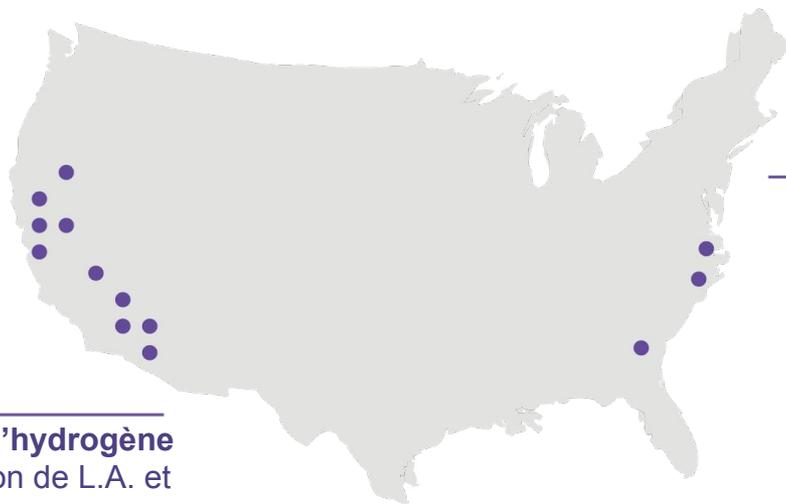


Asie



Ce document est PUBLIC

# USA – Californie et autres états pour les “ Véhicules Zéro Emission”



**4 stations d'hydrogène**  
dans la région de L.A. et  
San Francisco  
D'autres sont en cours de  
développement, avec le  
**soutien actif de l'état de  
Californie**



Collaboration avec  **TOYOTA**

**12 stations d'hydrogène** à  
New York City, Boston, dans le  
New Jersey et le Connecticut,  
et à Rhode Island



**1<sup>e</sup> station d'hydrogène mise  
en service**  
au T1 2017



**Chaîne d'approvisionnement  
d'H<sub>2</sub> dédiée** mise en place par  
Air Liquide pour le déploiement  
de la Mirai de Toyota



# Japon – Déploiements dans le cadre du Plan National

Saga



2 stations d'hydrogène dans la région de Kyushu (ouverture en mars 2016)

Création d'une co-entreprise avec Toyota Tsusho pour investir dans 2 stations d'hydrogène (ouverture en 2015)



Nagoya Atsuta

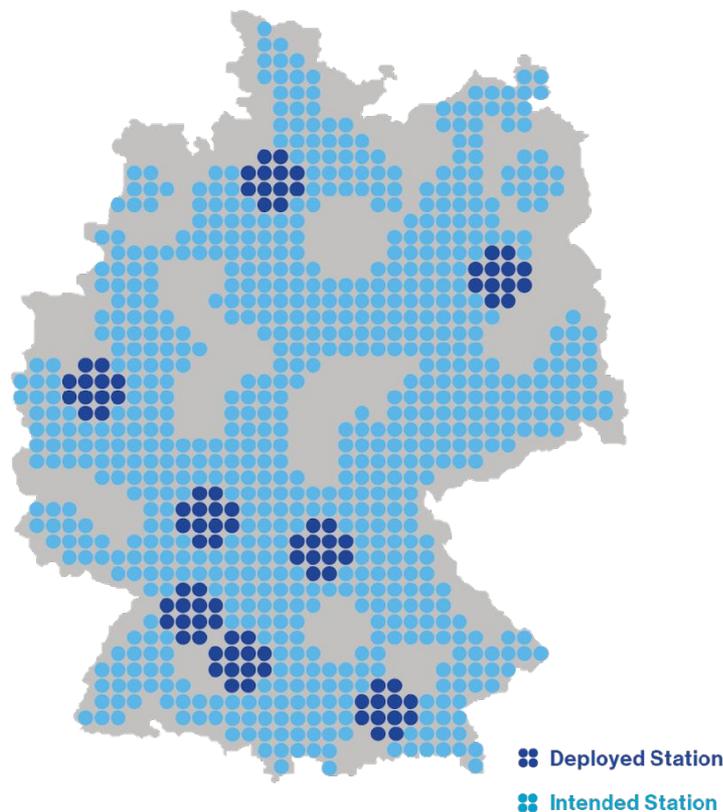
Ce document est PUBLIC

# Allemagne – Consortium H<sub>2</sub> Mobility



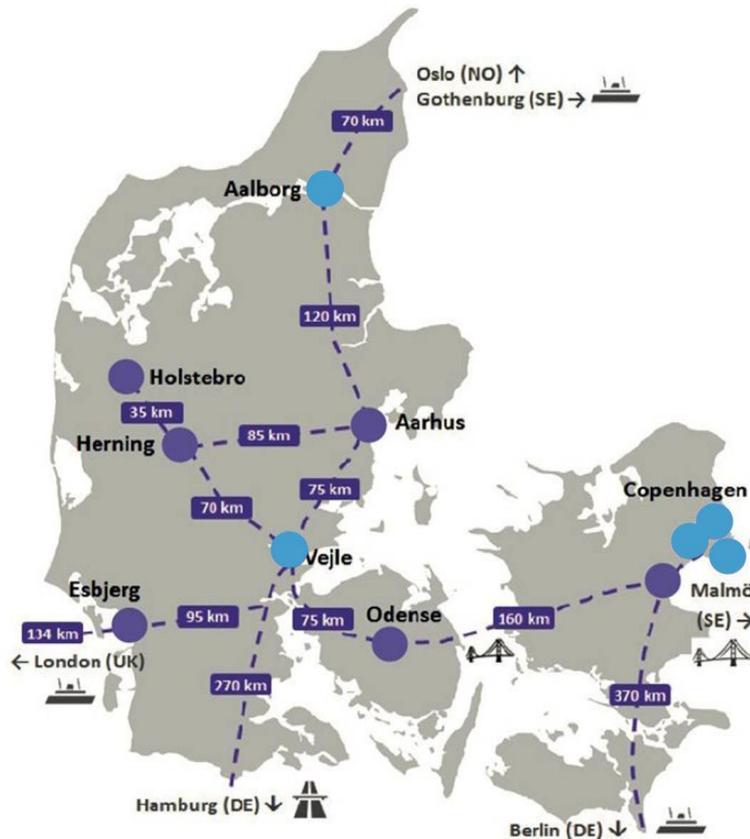
**Air Liquide, Daimler, Linde, OMV, Shell et Total se sont réunis autour d'un plan d'action prévoyant la construction d'un réseau de stations d'hydrogène en Allemagne**

- **400 stations d'hydrogène d'ici 2023** (100 en 2017)
- **350 m€** d'investissement
- **Max. 90 km de distance entre chaque station sur les autoroutes**
- **10 stations d'hydrogène** dans chaque métropole

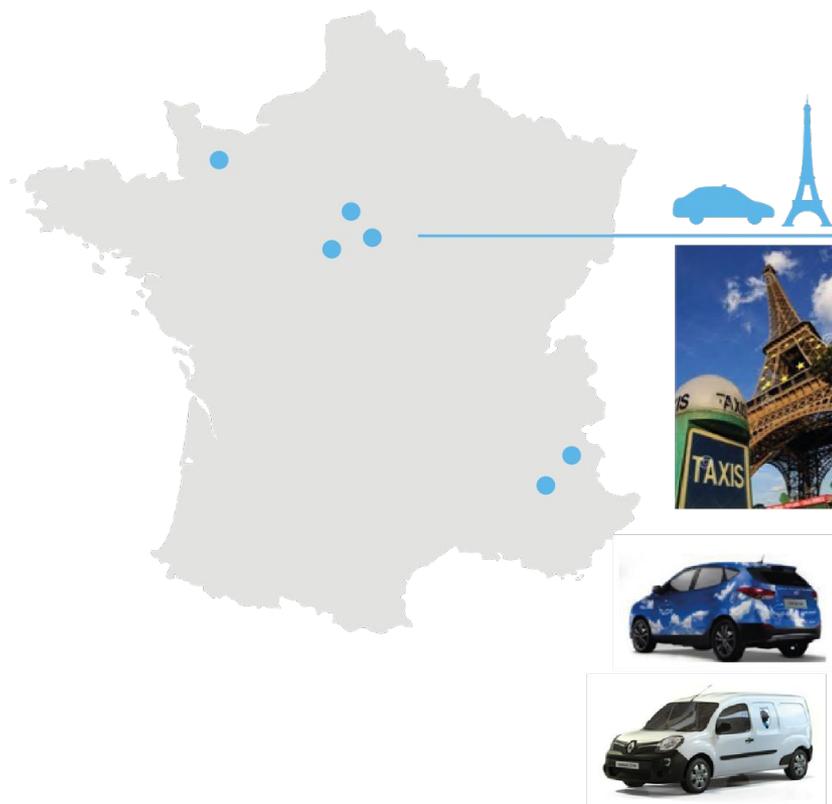


# Danemark – Copenhagen Hydrogen Network (CHN)

- **5 stations d'hydrogène** détenues par Air Liquide
- Hydrogène provenant d'énergies renouvelables : projet HyBalance **"Power to Hydrogen"**



# France – Initiative de mobilité H<sub>2</sub>



Réseau de stations d'H<sub>2</sub> en cours de développement pour alimenter des véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie (REEV)

- St-Lo (1) → 10 REEV & 5 Hyundai ix-35
- Hyway (3) → 50 REEV à Lyon & Grenoble
- H2ME1 (3) → 100 REEV
- Eas-Hymob (15) → en Normandie
- H2ME2 (9) → jusqu'à 1 000 REEV & 20 FCEV

Développements d'Air Liquide en cours

- Hyway - Grenoble (2)
- **Hype - Paris**
  - H2ME1 (1) → Sud de Paris
  - H2ME2 (2) → Nord et Ouest de Paris

# Etre leader de la mobilité H<sub>2</sub> – 3 piliers

1

TECHNOLOGIE

2

INVESTISSEMENT

3

EXPERIENCE  
CLIENT

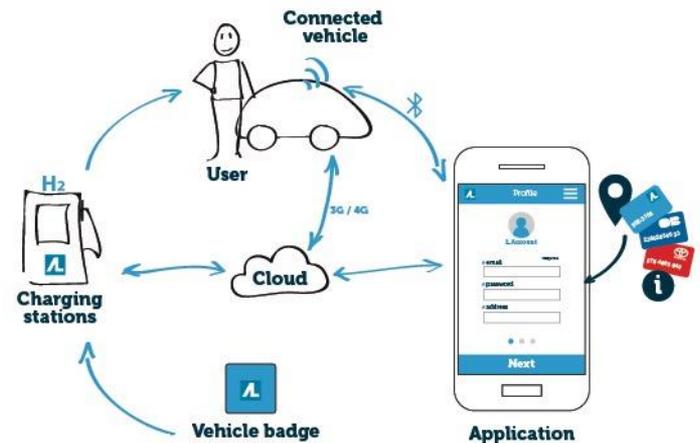
# Proposer une nouvelle expérience de mobilité...

**Améliorer chaque aspect de l'expérience hydrogène pour assurer aux clients un avenir propre et sans tracas**

Éléments clés de l'expérience que nous proposons :

- Stations accessibles et ergonomiques
- Pas d'attente, recharge rapide
- Solution de paiement pratique
- Voitures silencieuses et confortables
- Une expérience totalement connectée

➤ **Pour une liberté totale en situation de mobilité**



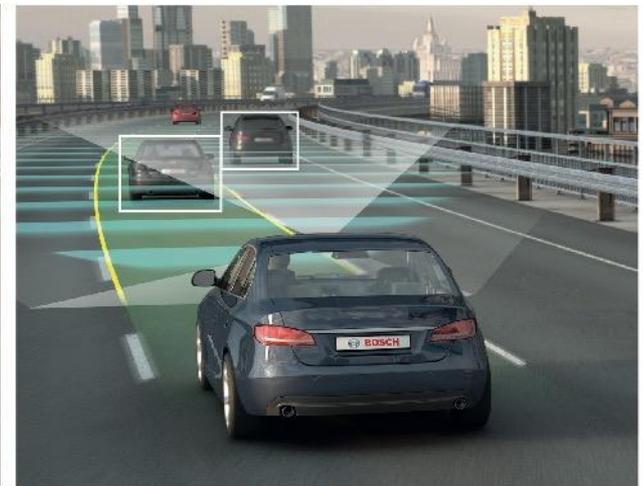
# 5. Et si nous anticipions l'avenir ?



# Une mobilité durable à notre portée

La transition se poursuit à un rythme inédit

- **Electrification des voitures** (hybrides, batterie électrique, FCV, par ex. Prius, Mirai...)
- **De nouveaux modèles de mobilité** (Uber, partage de voiture...)
- **Véhicules autonomes**



# Les initiatives politiques et économiques accélèrent la transition...



Gouv. Yoichi Masuzoe –  
“démotorisation”  
des JO de 2020



## Démonstrations tangibles de soutien dans le monde entier

- Japon : Engagement de M. Abe pour une société H<sub>2</sub>
- Corée : Nouvelle feuille de route pour la voiture verte (Déc. 2015)
- Europe : Programmes financés par l'UE (FCH JU, TEN-T)
- ZEV Allianz : USA (Californie, Nebraska) , Allemagne, Pays-Bas

*“Je suis sûr que le Japon prendra la tête de la course à l'énergie hydrogène. Je m'engage à promouvoir bien davantage les innovations liées à l'hydrogène.” - Premier Ministre Abe (Avril 2015)*

Mais il est nécessaire de continuer à encourager la Demande et l'Offre afin d'accélérer la transition

- Clients
- Fabricants automobiles
- Développeurs d'infrastructures



PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21·CMP11

# Des *business models* innovants pour accompagner de nouveaux usages...

## Les flottes captives sont un véritable tremplin



**hype** The «taxi of tomorrow»

Paris, ville « zéro émission »

A graphic containing the text 'hype The «taxi of tomorrow»' and 'Paris, ville « zéro émission »'. Below the text are two white icons: a car and the Eiffel Tower.

**Objectif  
70 taxis**

d'ici fin 2016

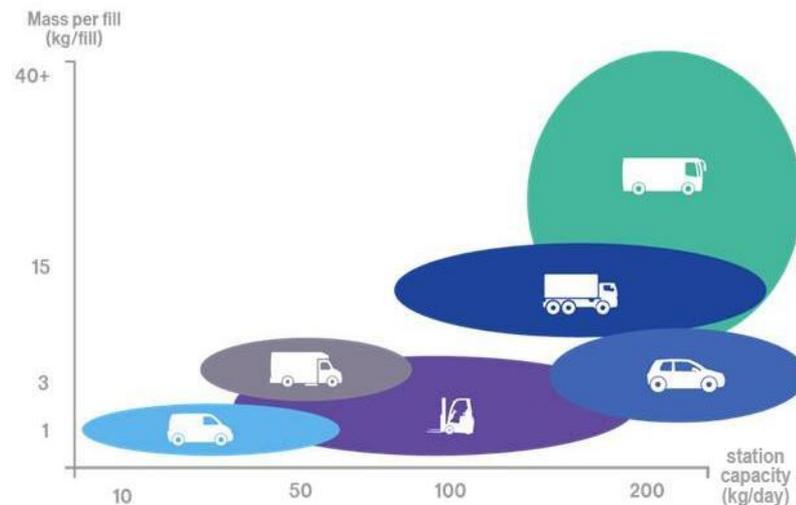
**et 600**

d'ici 3 ans

Accélérer la transition  
énergétique pour les taxis



## Niches des flottes captives : bus, véhicules utilitaires légers, taxis



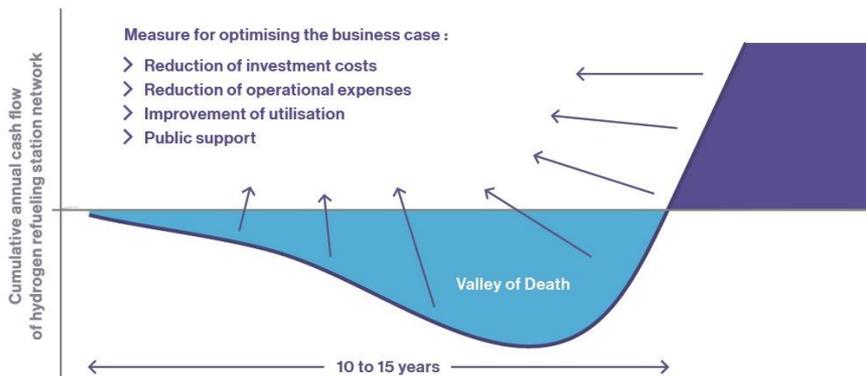
La valeur découle de la mutualisation de l'infrastructure de stations d'hydrogène avec les utilisateurs privés

# Nous identifions des solutions pour relever les défis en termes d'infrastructure

## Principale problématique

- Sous-utilisation des stations d'hydrogène et périodes de « **Vallée de la Mort** »

### Station H2 – courbe de trésorerie



Source : AIE, Feuille de route H2 2015

## Des solutions de financement innovantes

- **Mécanismes de garantie** des Gouvernements pour attirer des investisseurs privés et rassurer les prêteurs contre les risques liés à la montée en puissance des FCEV
- Gestion sous forme d'émission et de rachat de **Tickets Carbone**

## Avantages

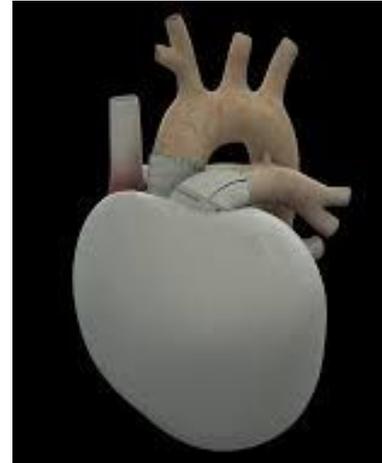
- **Attirer les capitaux privés** dans le développement des infrastructures H<sub>2</sub> (banques, fonds)
- Convergence des intérêts entre les **porteurs de projets et les Gouvernements**
- Impact limité sur le budget / la dette publique → Fort effet de levier

# La Société Hydrogène, c'est pour demain...

En nous mettant à l'œuvre dès aujourd'hui, nous pouvons très vite accélérer une transition énergétique qui se fait attendre depuis déjà longtemps

Alors que nous nous rapprochons d'une Société Hydrogène zéro émission, nous avons peut-être résolu le défi ultime en matière de développement durable...

© Carmat



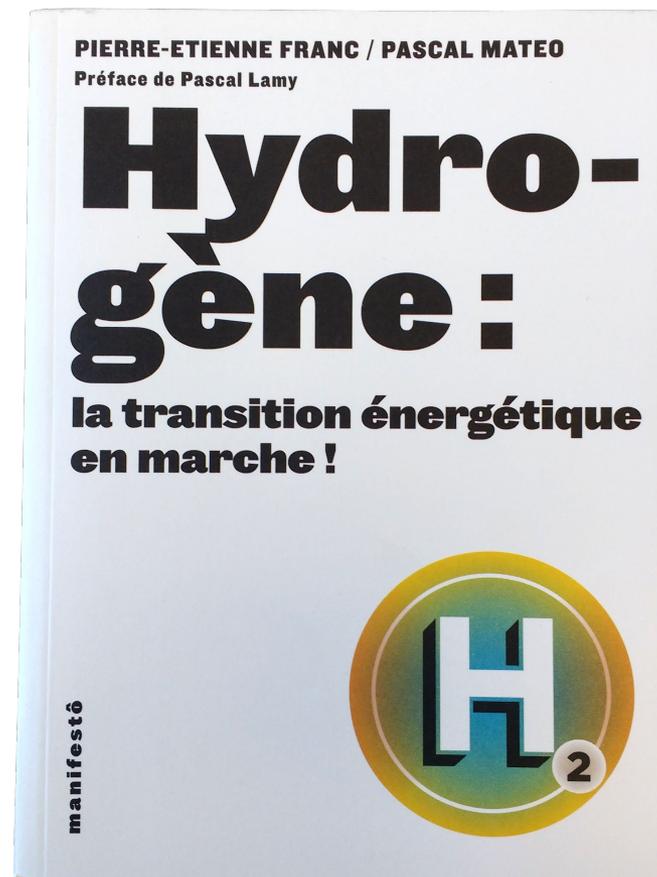
© Pragma



© Ikea / Ubi-Bene

# Pour en savoir plus sur l'Hydrogène...

« La révolution énergétique est en cours et elle intègre l'hydrogène ! »



[Acheter sur Amazon](#)

Merci

Contact aB&T Communication  
Nathalie Simon de Kergunic



[www.airliquide.com](http://www.airliquide.com)  
[@airliquidenergy](https://twitter.com/airliquidenergy) 



# Maison des Arts et Métiers

7 novembre 2016



**l'Hydrogène: synonyme de forte puissance et  
de grande autonomie**

Jean-Francois Weber

Managing Director, Head of R&D

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



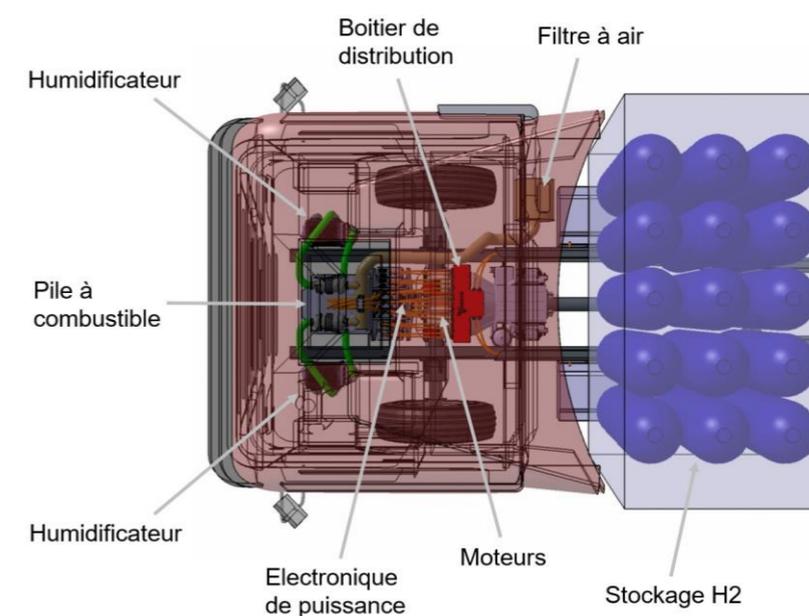
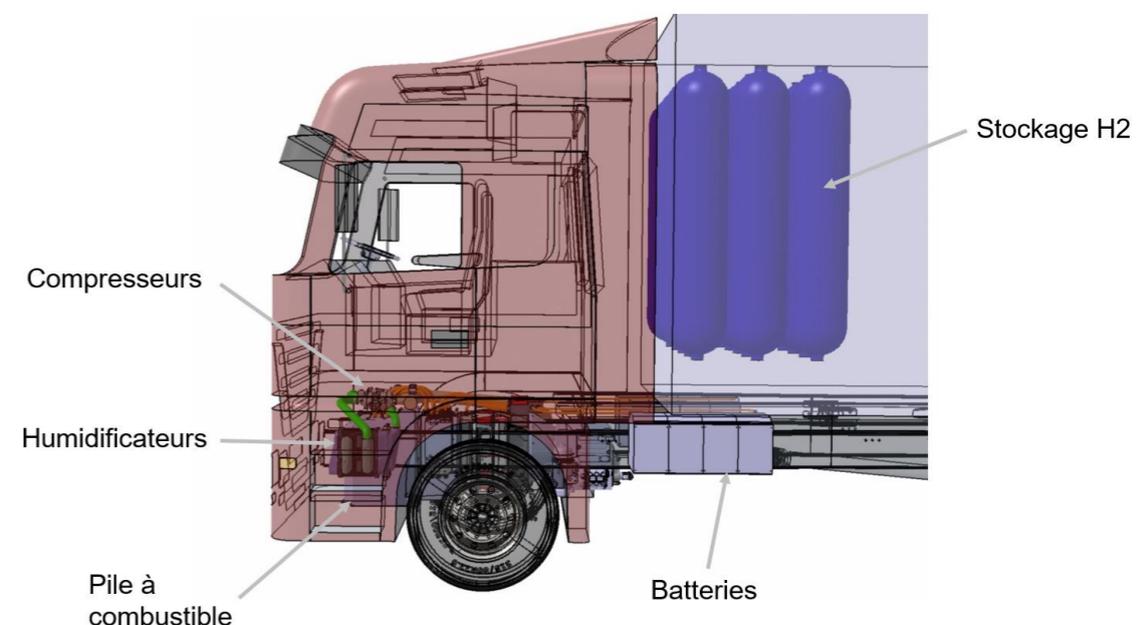


## Réalisation 2017:

*Camion Porteur électrique-hydrogène – PTAC 26t – PTA 44t 620 CV  
Solution GreenGT Hybride électrique/électrique  
Autonomie 1000kn/jour (500km entre chaque ravitaillement)*

### Avantages:

- **Indépendance énergétique: Panneaux solaires → Electrolyseurs → Stockage H2 gazeux à 350/700bars (utilisé depuis 50 ans dans l'industrie)**
- **Stockage simple, sécurisé et à faible coûts en comparaison à des solutions 100% batteries**
- **Remplissage simple et rapide des véhicules (entre 10 et 20 minutes)**
- **Rapport poids/puissance proche de celui d'aujourd'hui avec le Diesel**
- **Coût de la solution sans inconnue (sur l'évolution du prix de l'énergie). Le coût est l'amortissement et la maintenance des installations et des camions**





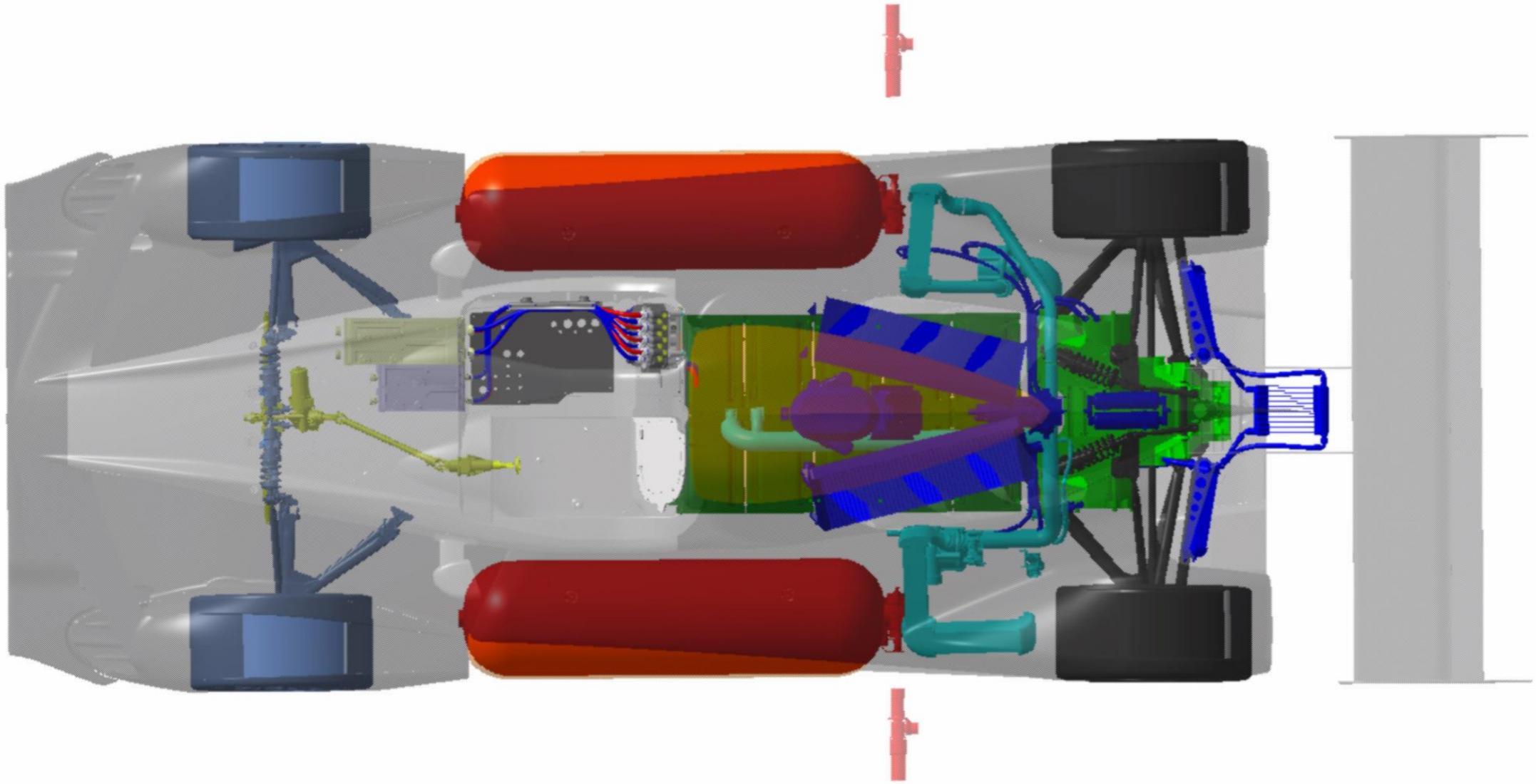
Le sport automobile fait vibrer les passions mais surtout il permet de démontrer le bien fondé des nouvelles technologies. Il offre au public, le moyen de voir et d'adhérer aux solutions innovantes qui feront parties de leur futur.



Green GT H<sub>2</sub>  
V2



Green GT H<sub>2</sub>  
V2



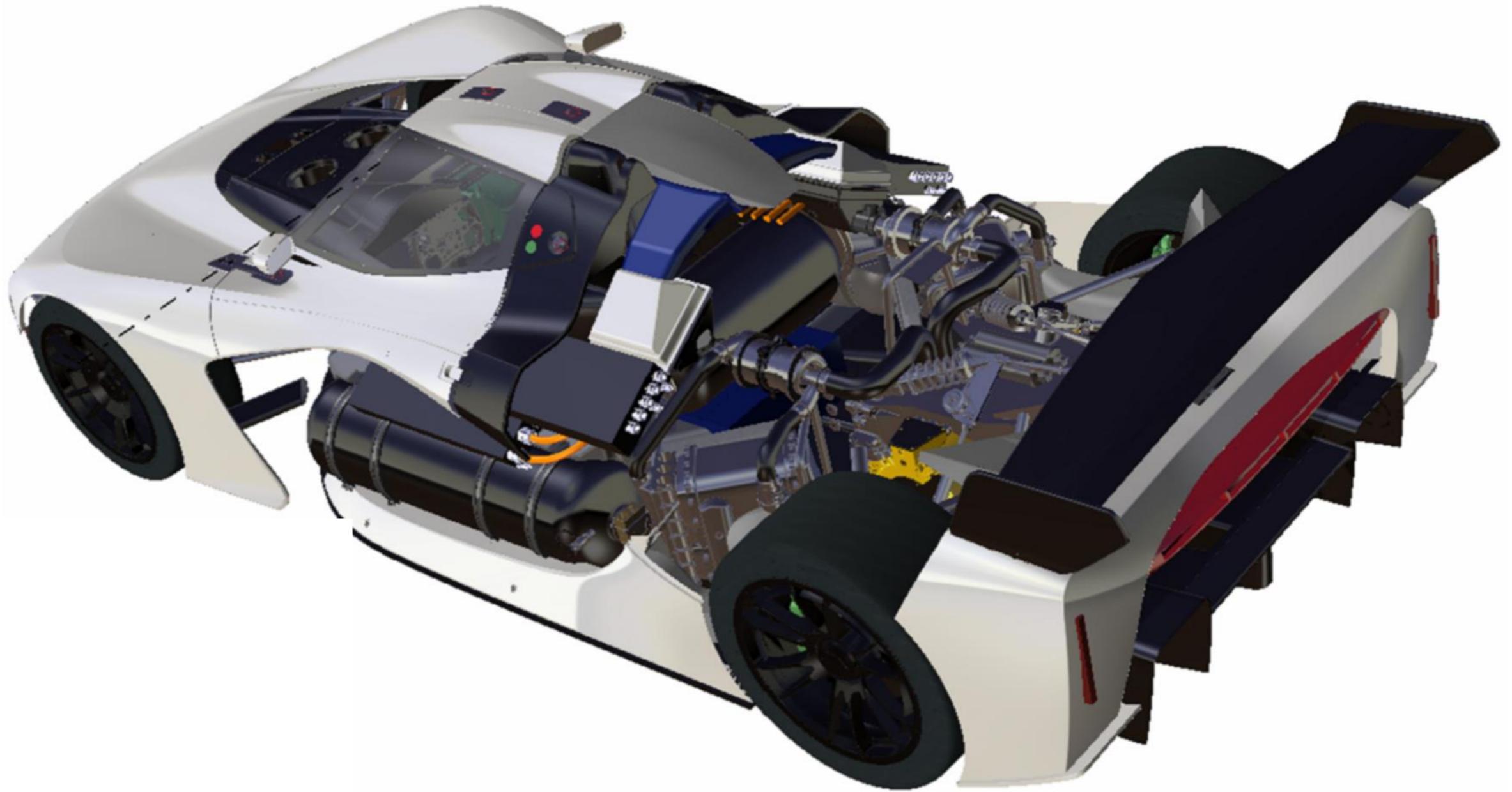
# H2 Speed

Pininfarina powered by GreenGT



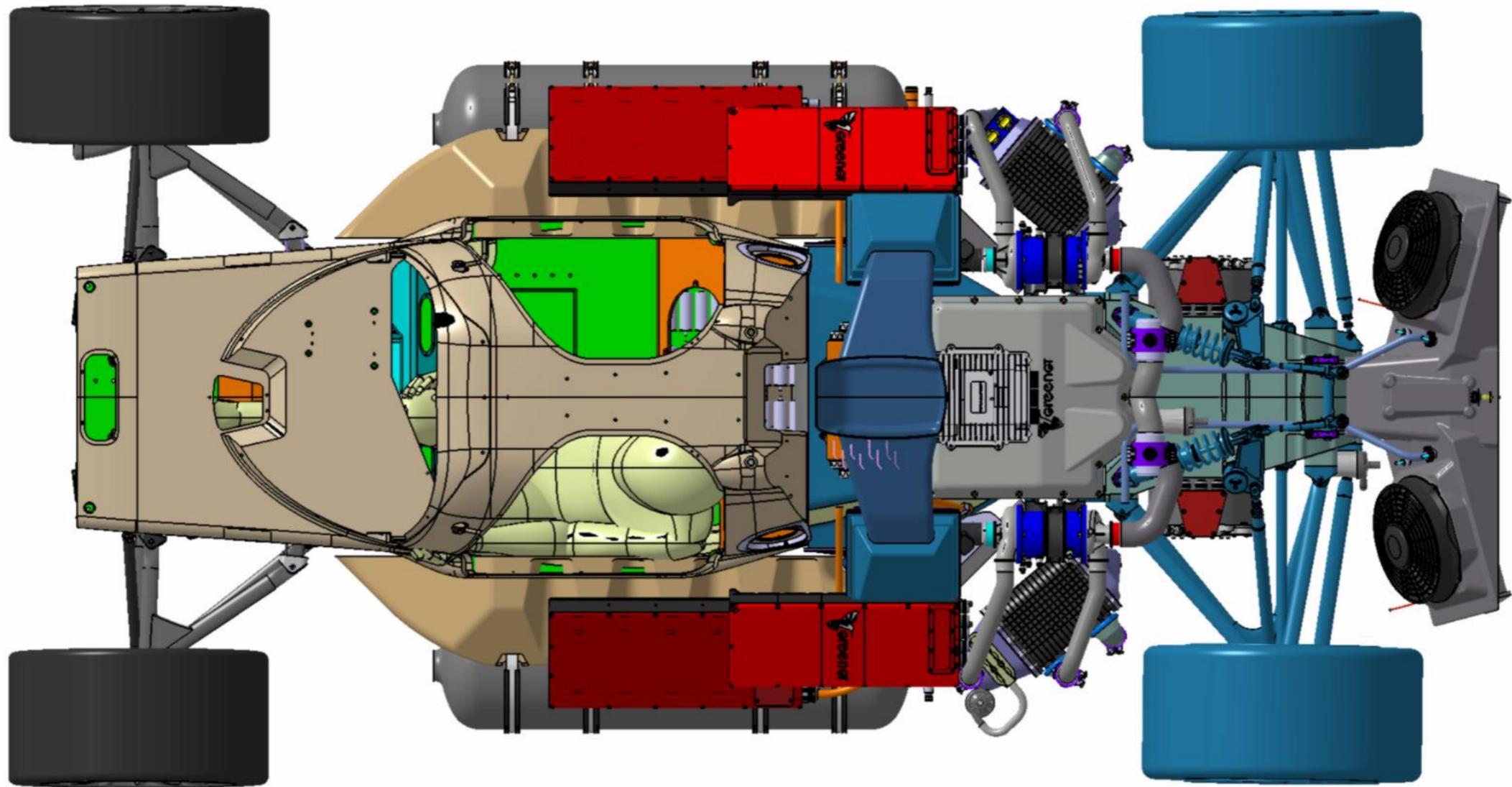
# H2 Speed

Pininfarina powered by GreenGT



# H2 Speed

Pininfarina powered by GreenGT





## Contact

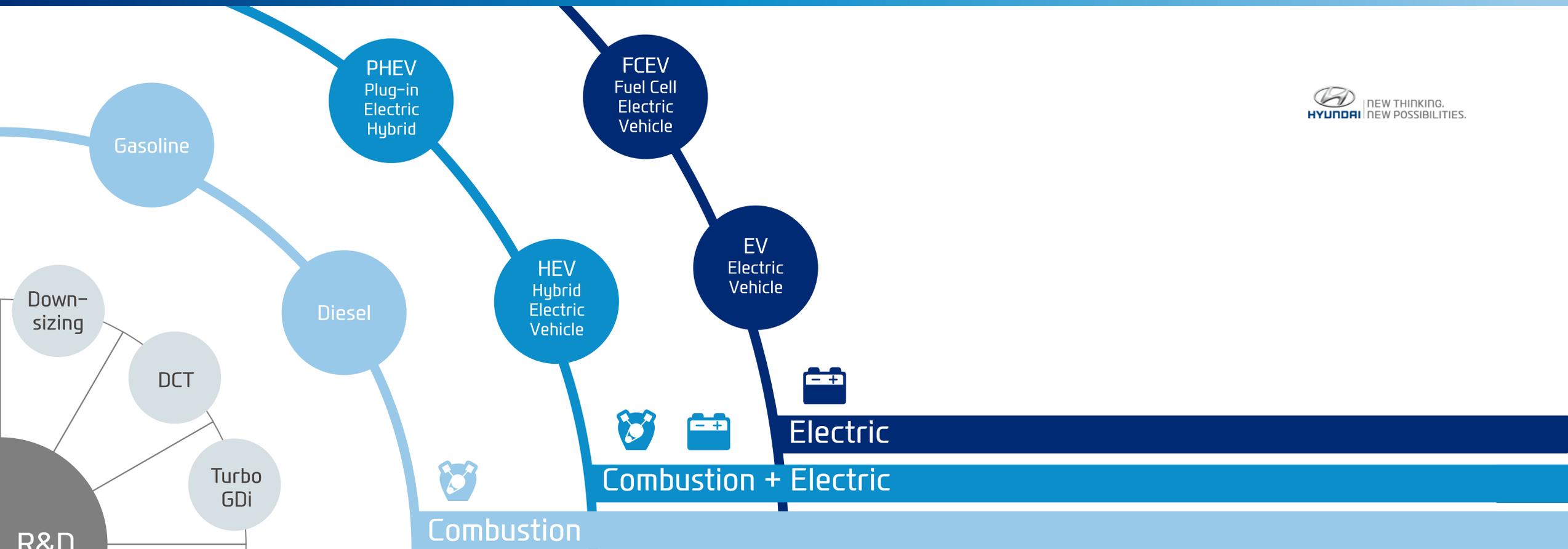
*Jean-François Weber*  
*Managing Director, Head Of R&D*

GreenGT SA  
Ch . De Pré d'Ogue 7  
1052 Le Mont sur Lausanne  
Switzerland

[jf.weber@greengt.com](mailto:jf.weber@greengt.com)

Mobile: +41 79 213 95 93





## EFFICIENCY TECHNOLOGY

Fuel efficiency improvement /  
Reduction in carbon emissions

## HYBRID SYSTEM

Electric powertrain /  
improved fuel efficiency

## CLEAN MOBILITY

Clean energy  
system



**blue**  **drive**

# ECO World

## Different Situations

### Different powertrain solutions



Conventional

- + High Flexibly
- General more than 100 grams of CO2 emissions per km



Hybrid

- + Reduction of fuel consumption
- Between 60 and 100 grams of CO2 emissions per km



Plug-in

- + Flexibility of conventional and electric powertrain
- Between 40 and 50 grams of CO2 emissions per km



Fuel Cell

- + 0 CO2 emissions, long driving range
- Infrastructure build up



Electric

- + 0 CO2 emissions, city car
- Weight and size of batteries, long charging times



## Conventional

- GHG emissions
- Imported fuel

- + Long-range
- + Quick refueling
- + Limited weather impact
- + Scalable to wide range of vehicle sizes

- Still emissions
- Imported fuel



## Hybrid



## Electric

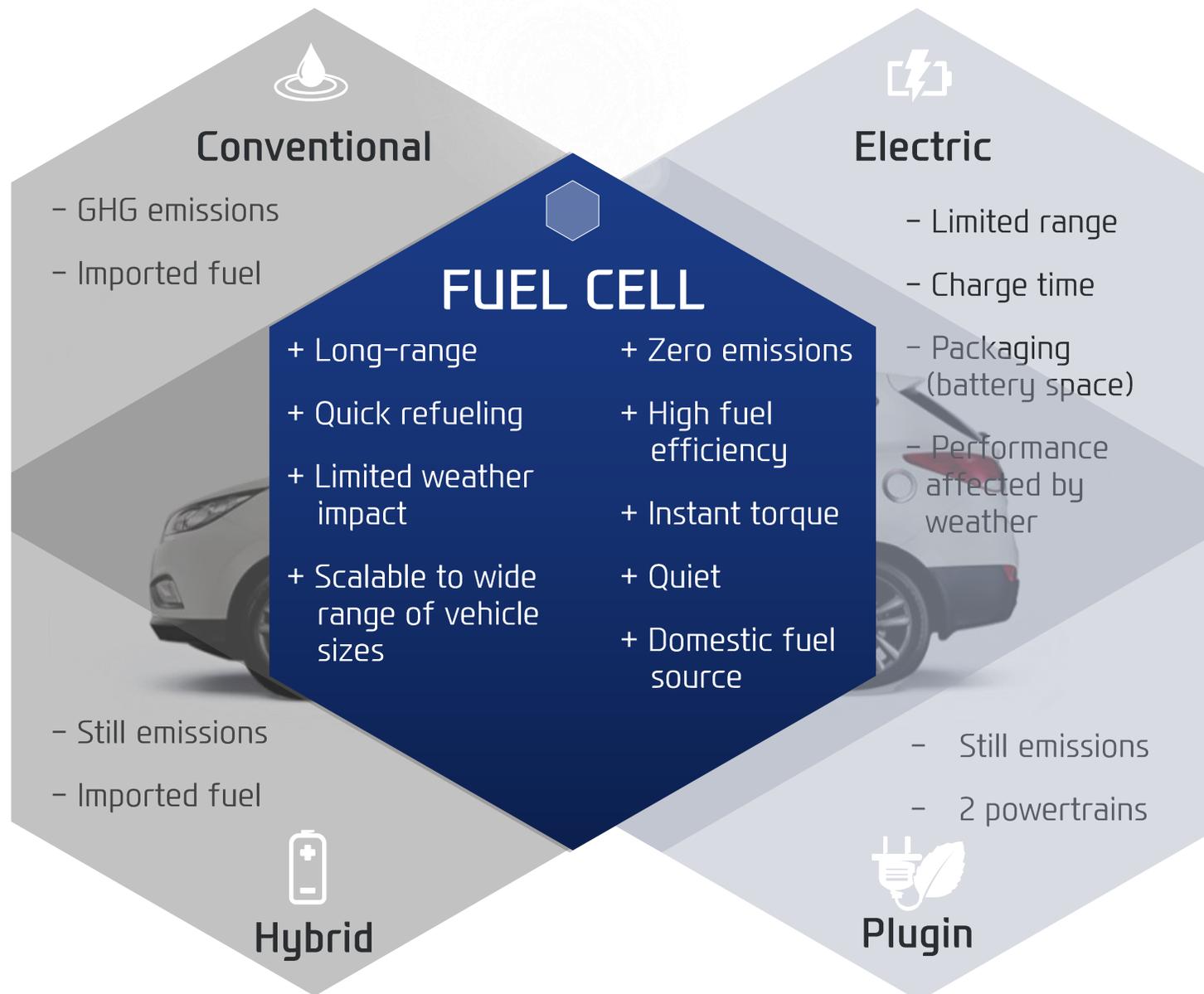
- Limited range
- Charge time
- Packaging (battery space)
- Performance affected by weather

- + Zero emissions
- + High fuel efficiency
- + Instant torque
- + Quiet
- + Domestic fuel source

- Still emissions
- 2 powertrains



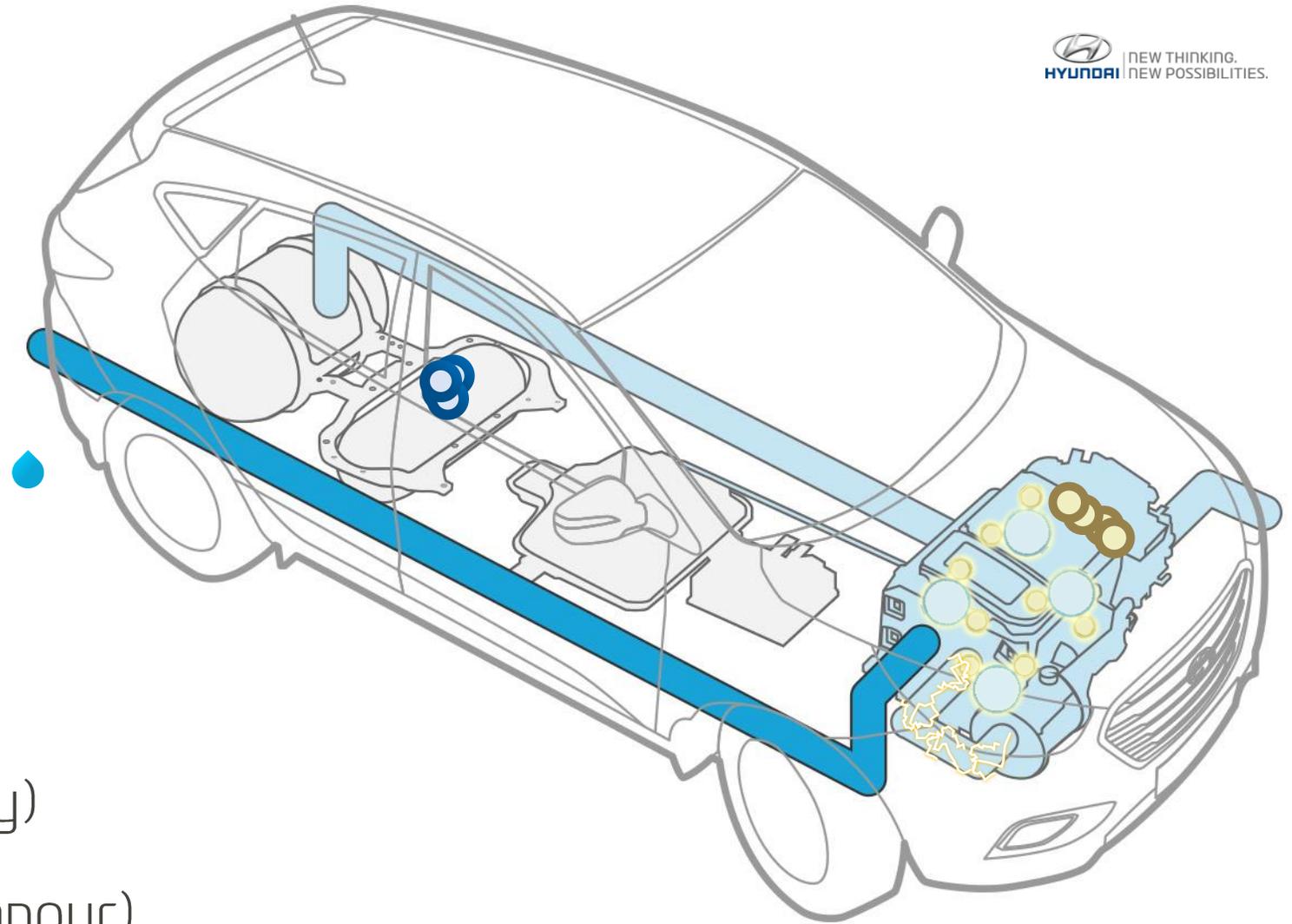
## Plugin





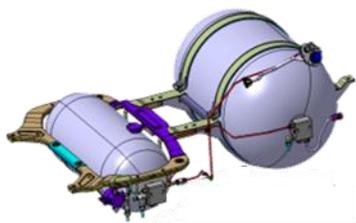
How does a  
**Fuel Cell**  
really work?

1. Hydrogen supply
2. Air inflow (oxygen)
3. Reverse water splitting
4. Electricity (motor, battery)
5. Zero emissions (water vapour)





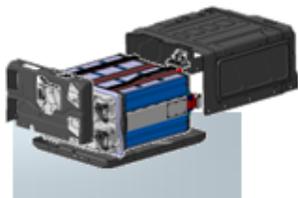
700bar H2 tanks  
(5,64kg / 144l)



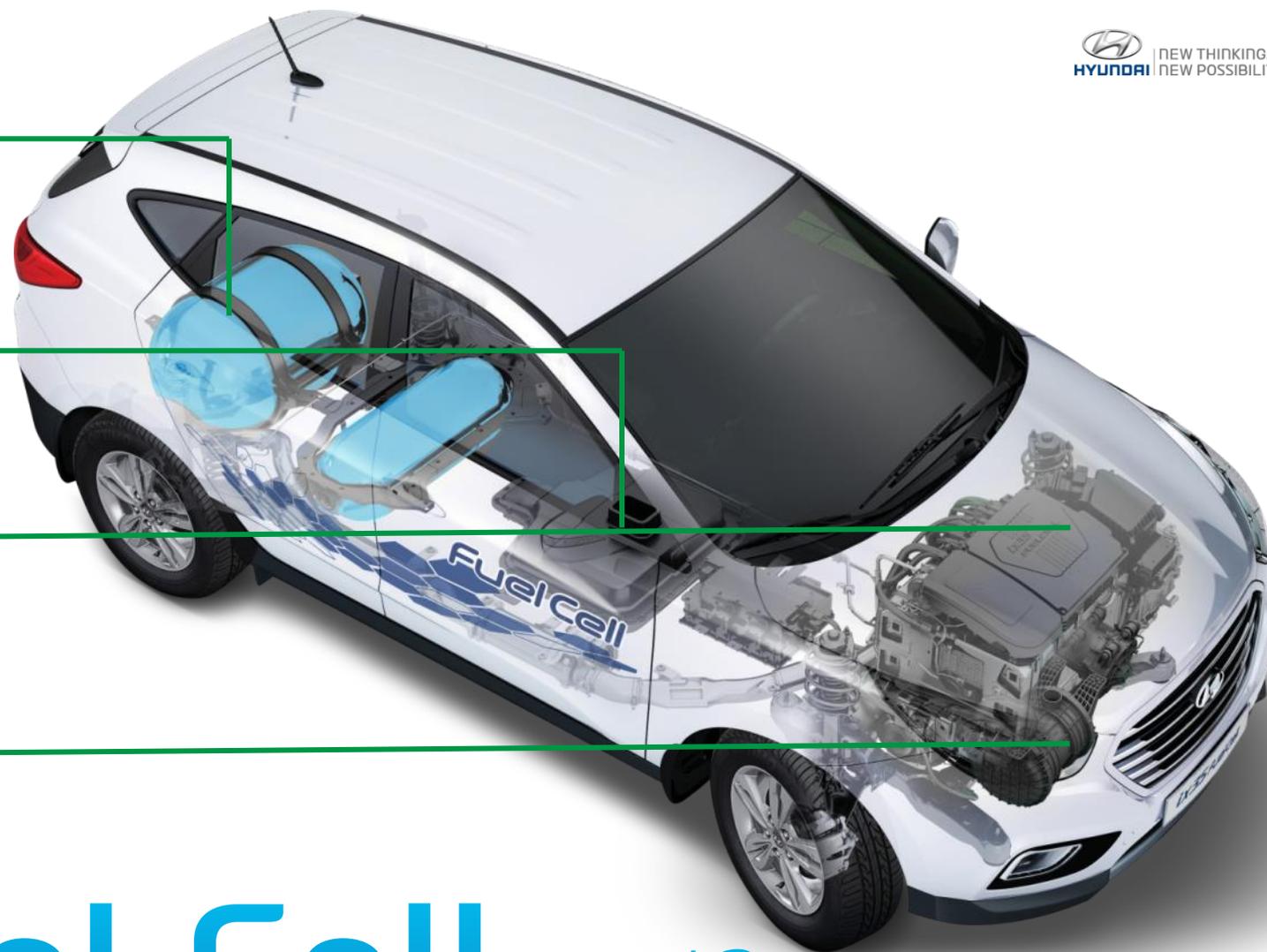
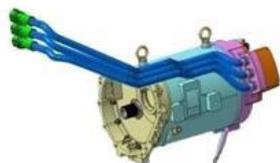
High voltage  
battery



Fuel Cell Stack



Electric Motor



How does a **Fuel Cell** work?

Strong  
performance

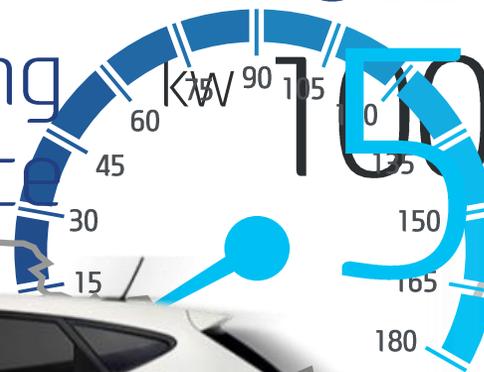


Strong performance

Total range of **1594** km

Up to **150** km/h

150 kW



Refuelled **in minutes**  **8:80** Min.



Refueled **Only in wait** **minutes**



3:00<sup>Min.</sup>

emitted  
from the  
tailpipe



# Zero CO<sub>2</sub>



Gasoline

130g/  
km



ix35 Fuel Cell

Zero  
CO<sub>2</sub>

# Safe

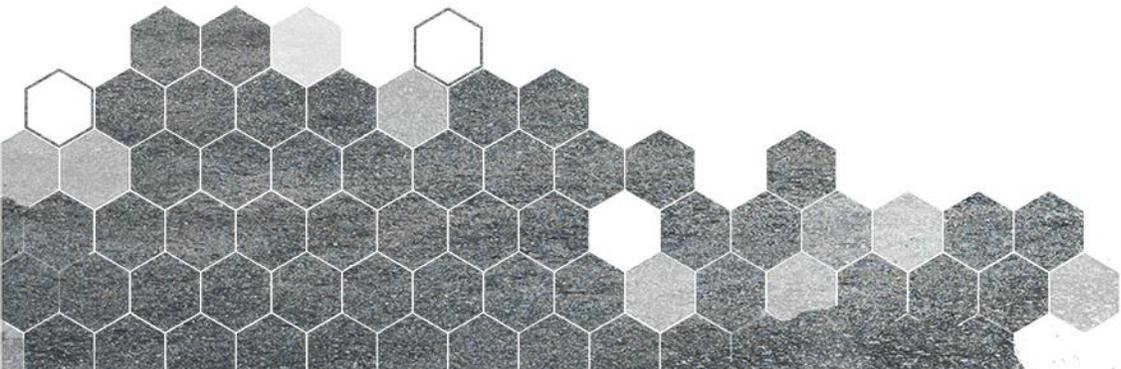
700 bar



# Silent



# Fuel Cell deployment





World's  
**first FCEV**  
mass production  
starts operation  
in 2013

# ix35 Fuel Cell

Hyundai's journey to leadership

World's  
**first FCEV**  
mass production  
starts operation  
in 2013

Deployment  
of 250 Cars  
in Europe



# Hyundai's Global Approach

 **North America**  
California

---

 **Asia**  
South-Korea

---

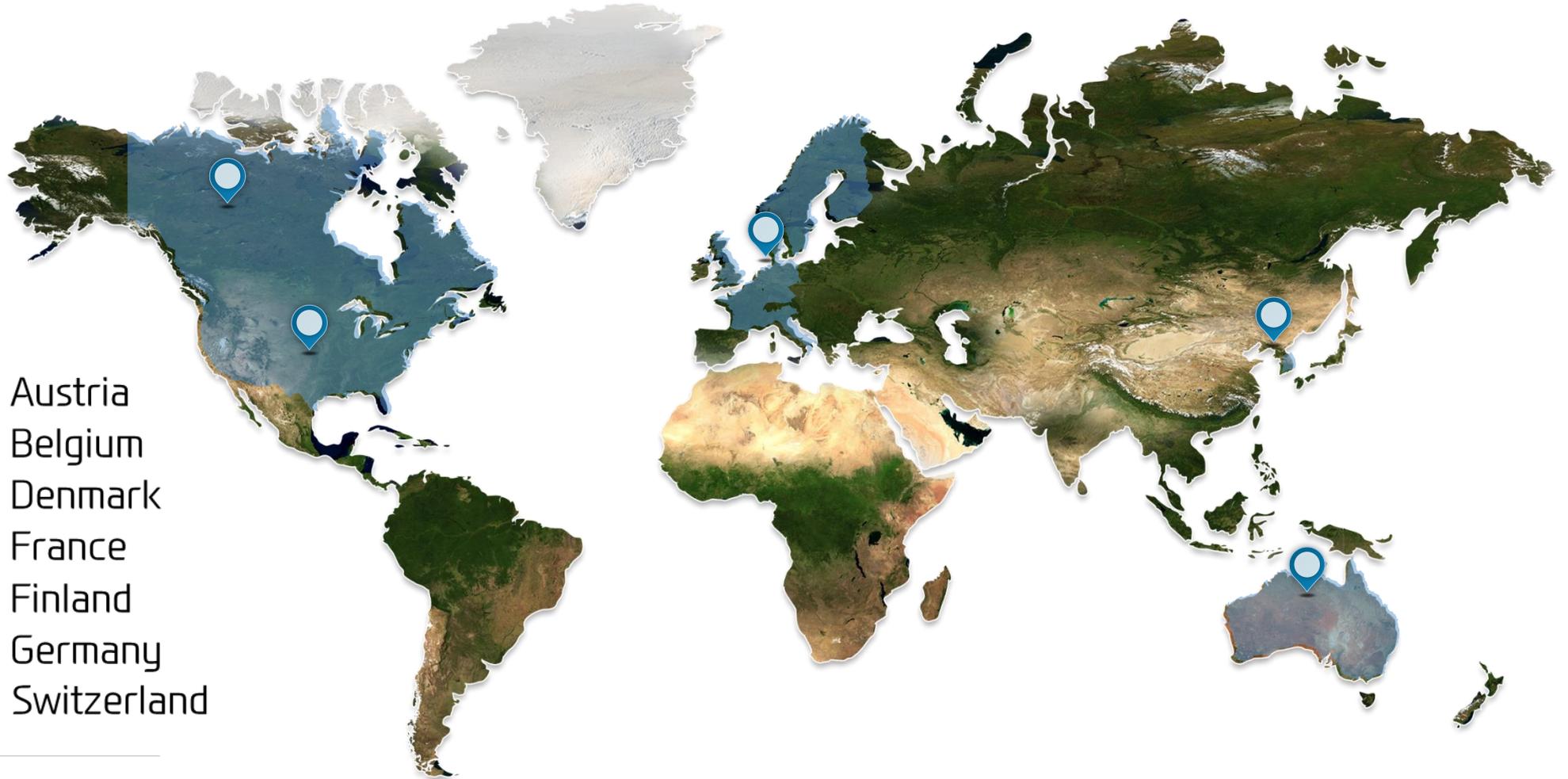
 **Europe**  
Multi country



# 17

## Countries Worldwide

-  Italy
-  Netherlands
-  Norway
-  Sweden
-  United Kingdom
-  Spain
-  Austria
-  Belgium
-  Denmark
-  France
-  Finland
-  Germany
-  Switzerland
-  Canada
-  USA
-  South Korea
-  Australia

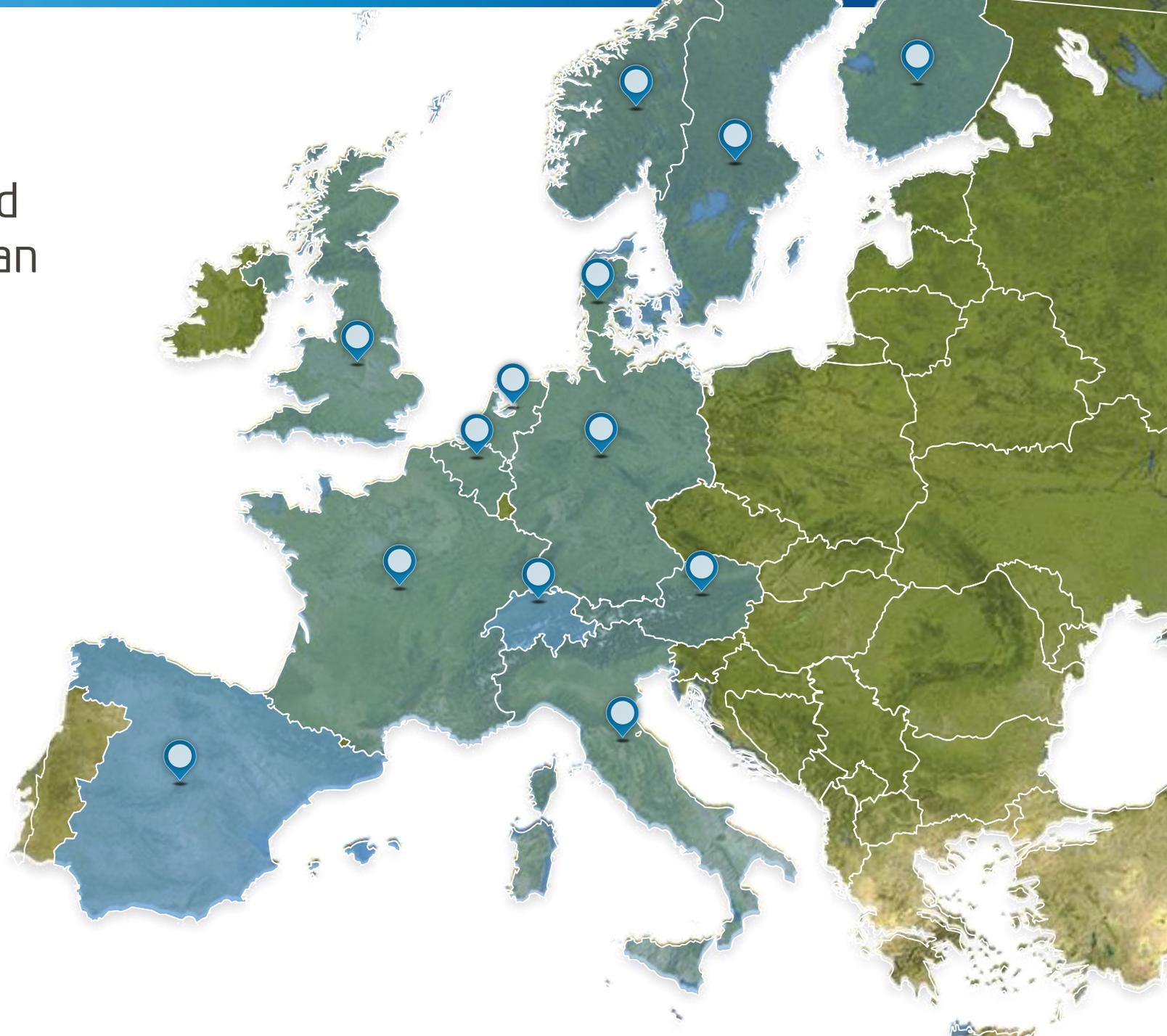


# 250

Cars deployed  
in 13 European  
Countries

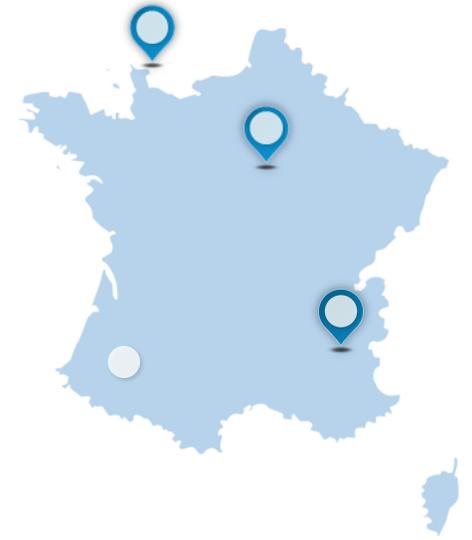
- |  |   |
|--|---|
|  Italy          |  Austria     |
|  Netherlands    |  Belgium     |
|  Norway         |  Denmark     |
|  Sweden         |  France      |
|  United Kingdom |  Finland     |
|  Spain          |  Germany     |
|  |  Switzerland |

44 Cars deployed in hyFIVE (London, Copenhagen, Munich, Berlin...)



# 19

Cars deployed in  France



Taxi Hype



Conseil Departemental de La Manche

12 Cars deployed

5 Cars deployed

# 50

Cars deployed in Munich

*BeeZero, run by a newly founded subsidiary of The Linde Group, will feature 50 Hyundai ix35 Fuel Cell electric vehicles for public use.*



**BeeZero Car Sharing**



# Challenges





#1 Challenge

# REFUELLING INFRASTRUCTURE



 2016

101

Refuelling stations  
across **Europe**

 700 bar - 67

 350 bar - 34



 2016

50  
refuelling  
stations in  
Germany



 2023

400  
refuelling  
stations in  
**Germany**

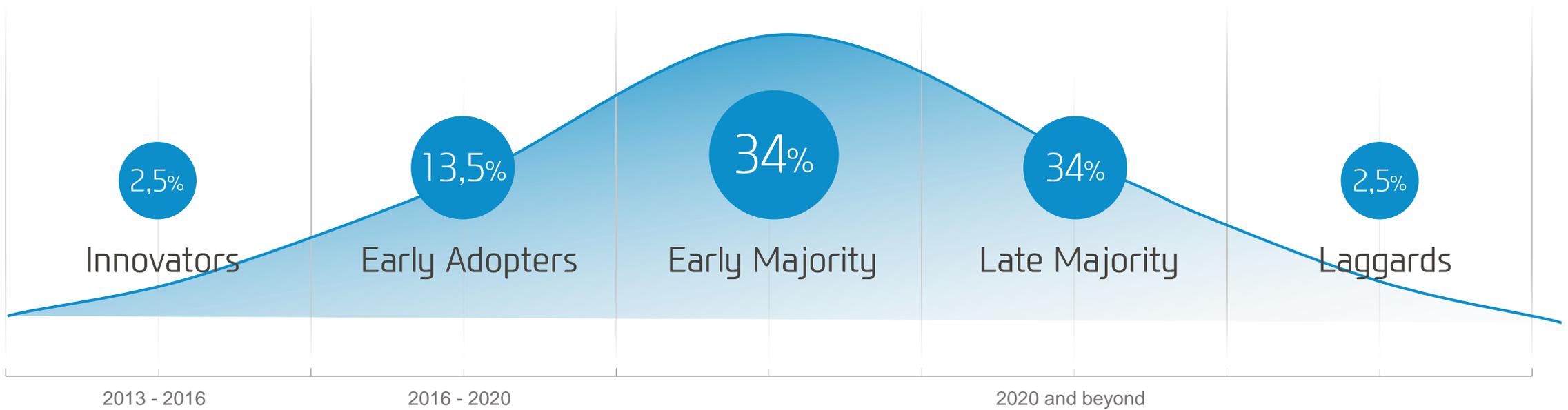


## #3 Challenge

# TARGET CUSTOMERS



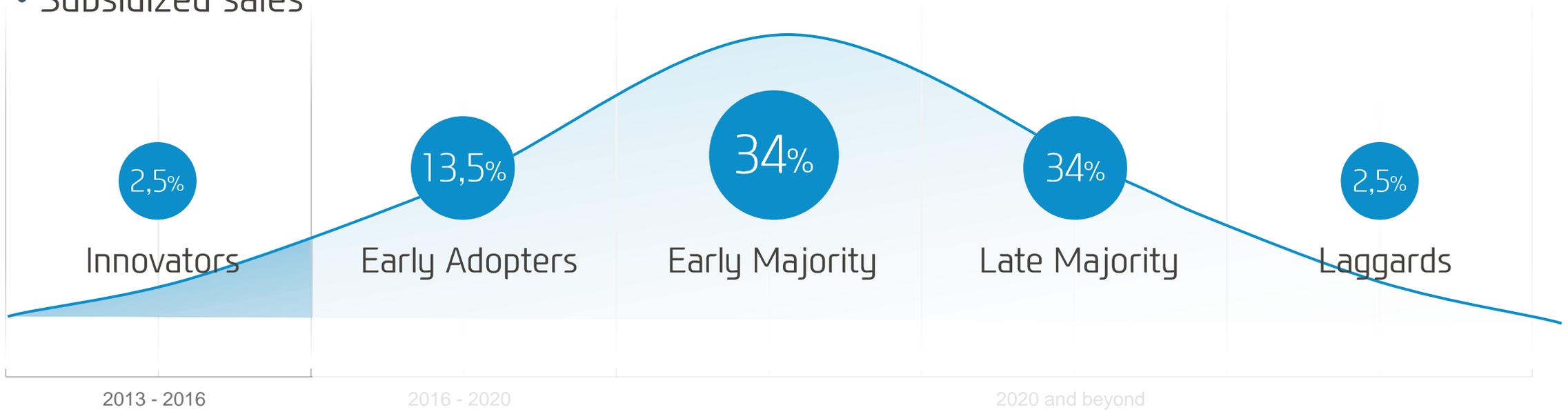
# Target Customers



# Target Customers

## 2013 – 2016

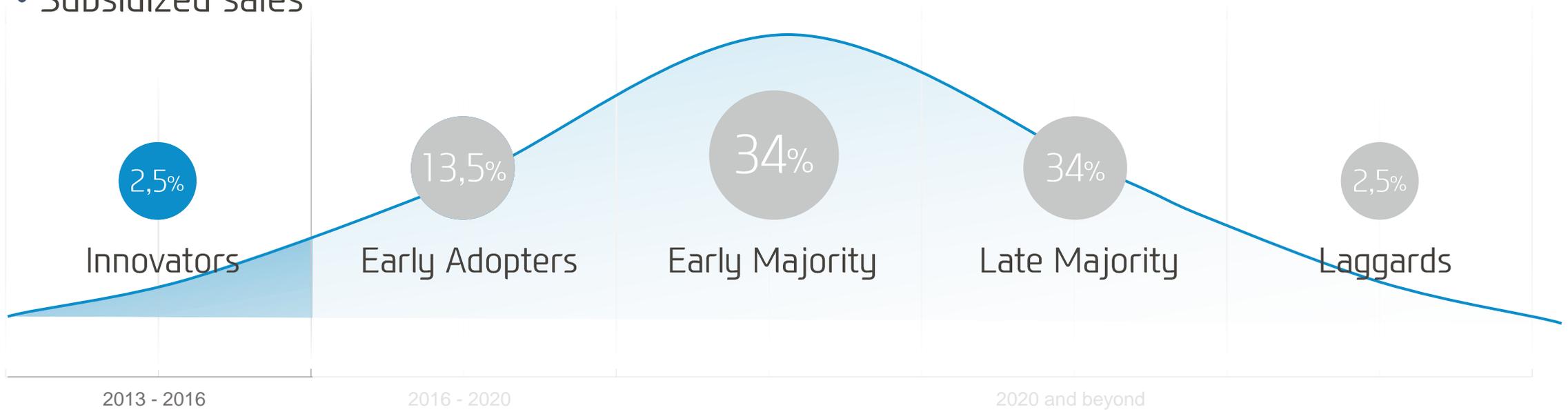
- Companies with an interest in hydrogen (e.g. production or supply)
- Governments
- Subsidized sales



# Target Customers

## 2013 – 2016

- Companies with an interest in hydrogen (e.g. production or supply)
- Governments
- Subsidized sales
- Corporate Companies



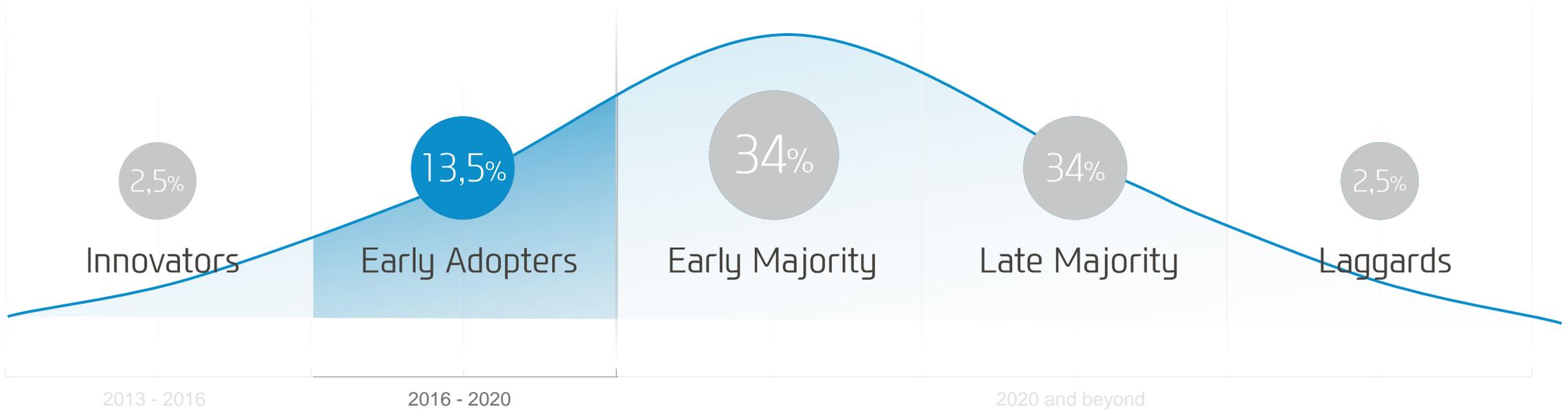
# Target Customers

## 2016 - 2020

- Governments
- Subsidised sales
- Corporate Companies

## 2020 and beyond

- General competitor for ICE/EV/PHEV
- SME
- Private





 **HYUNDAI** | NEW THINKING.  
NEW POSSIBILITIES.



**Thank you**