

# Applications automobiles des piles à combustible: Enjeux et défis



**RENAULT**

DREAM / DR / 64240

Philippe Schulz, Fuel Cell Systems & Electrochemistry Manager

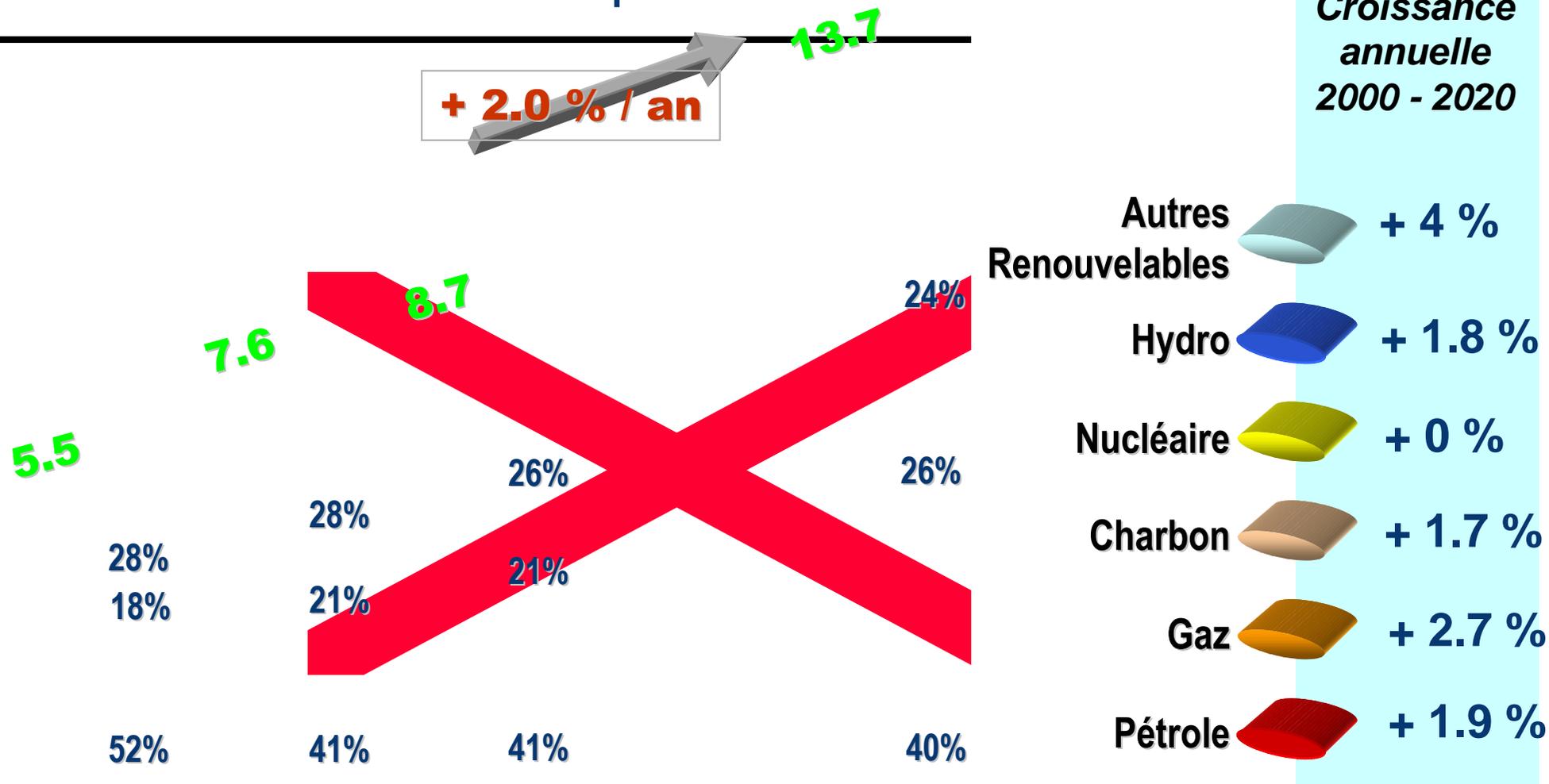


- ***Le contexte H<sub>2</sub>/Piles dans l'automobile***
  - Energie et Environnement
  - Approches rationnelles: économie et analyse du puits à la roue (WtW)
  
- ***L'approche Renault-Nissan***
  - Stack
  - Reformeur vs Hydrogène
  
- ***Quelles solutions automobiles pour demain ?***



# Perspectives énergétiques mondiales

## Demande mondiale – Milliards de tep



Source: IEA, World Energy Outlook 2002

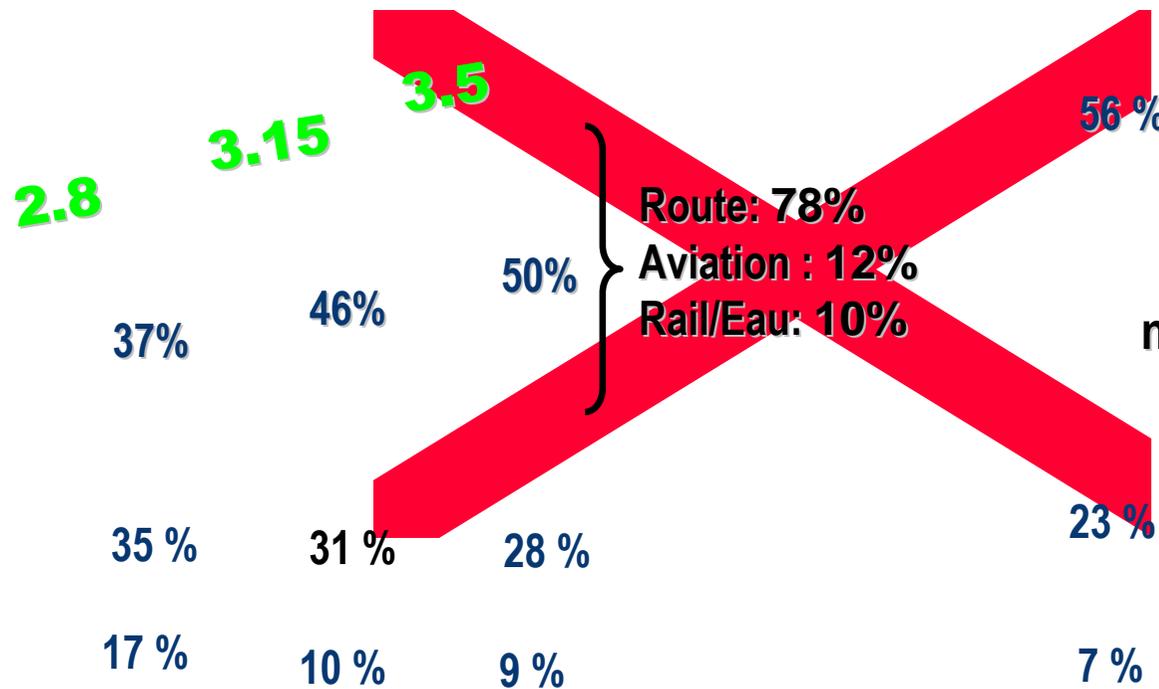


# Usages du pétrole : Un poids dominant et croissant pour les transports

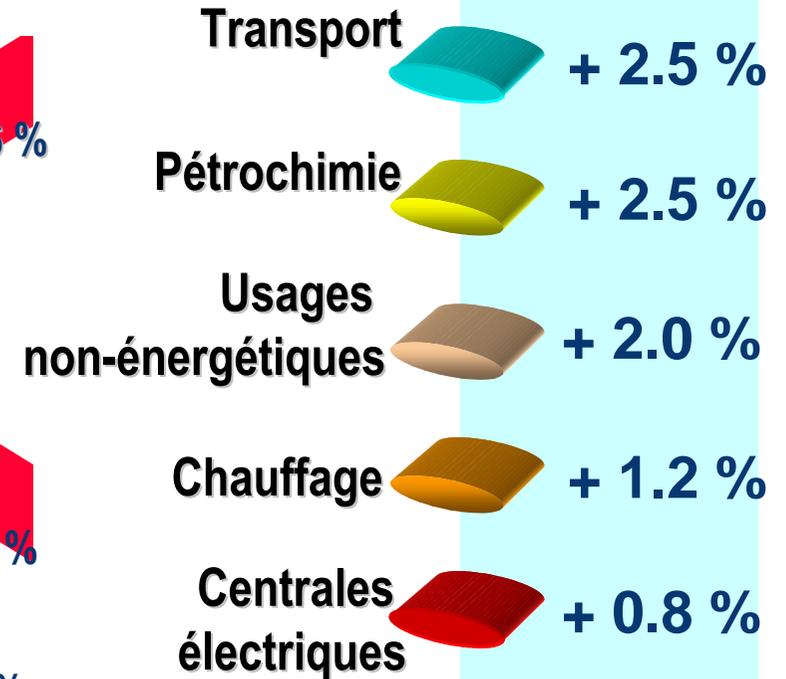
**Demande pétrolière mondiale  
en Milliards de tep**

**5.5**

**+ 1.9% /an**



**Croissance  
annuelle  
2000 - 2020**



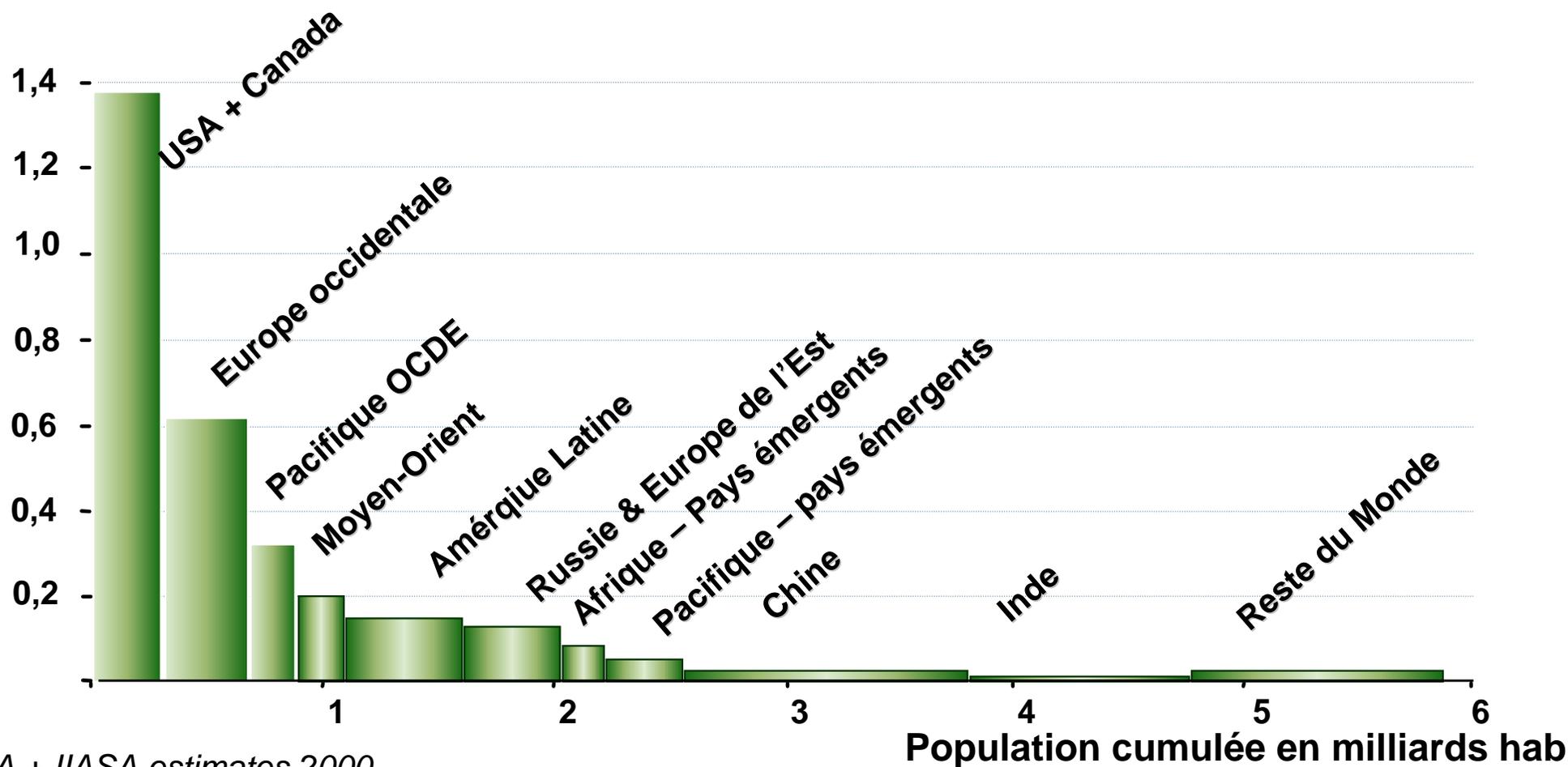
Source: Etudes récentes AIE et Total

**En 2003, 98% des carburants automobiles sont  
issus du raffinage du pétrole**



# Usage du carburant dans les transports

Tonne équivalent pétrole / habitant\*



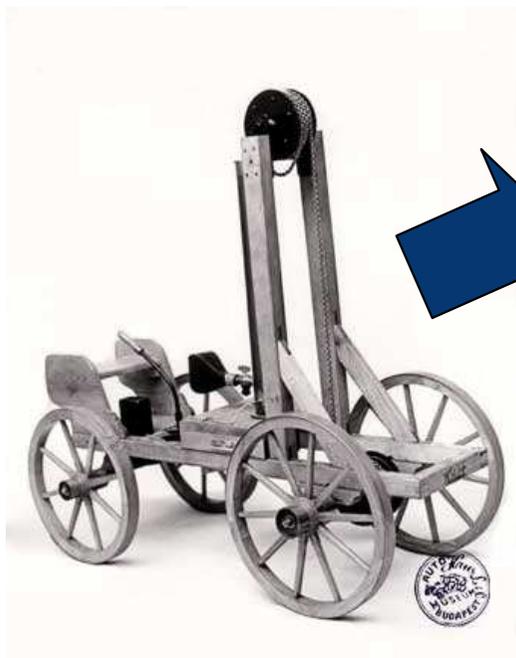
\* IEA + IIASA estimates 2000

**Quelles réponses pour assurer une mobilité durable, économiquement acceptable tout en respectant l'environnement ?**



# Véhicules à Hydrogène: Du concept à la production en série ?

Premier véhicule à hydrogène  
Isaac de Rivaz, 1807

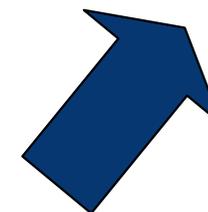


Renault  
FEVER, 1997



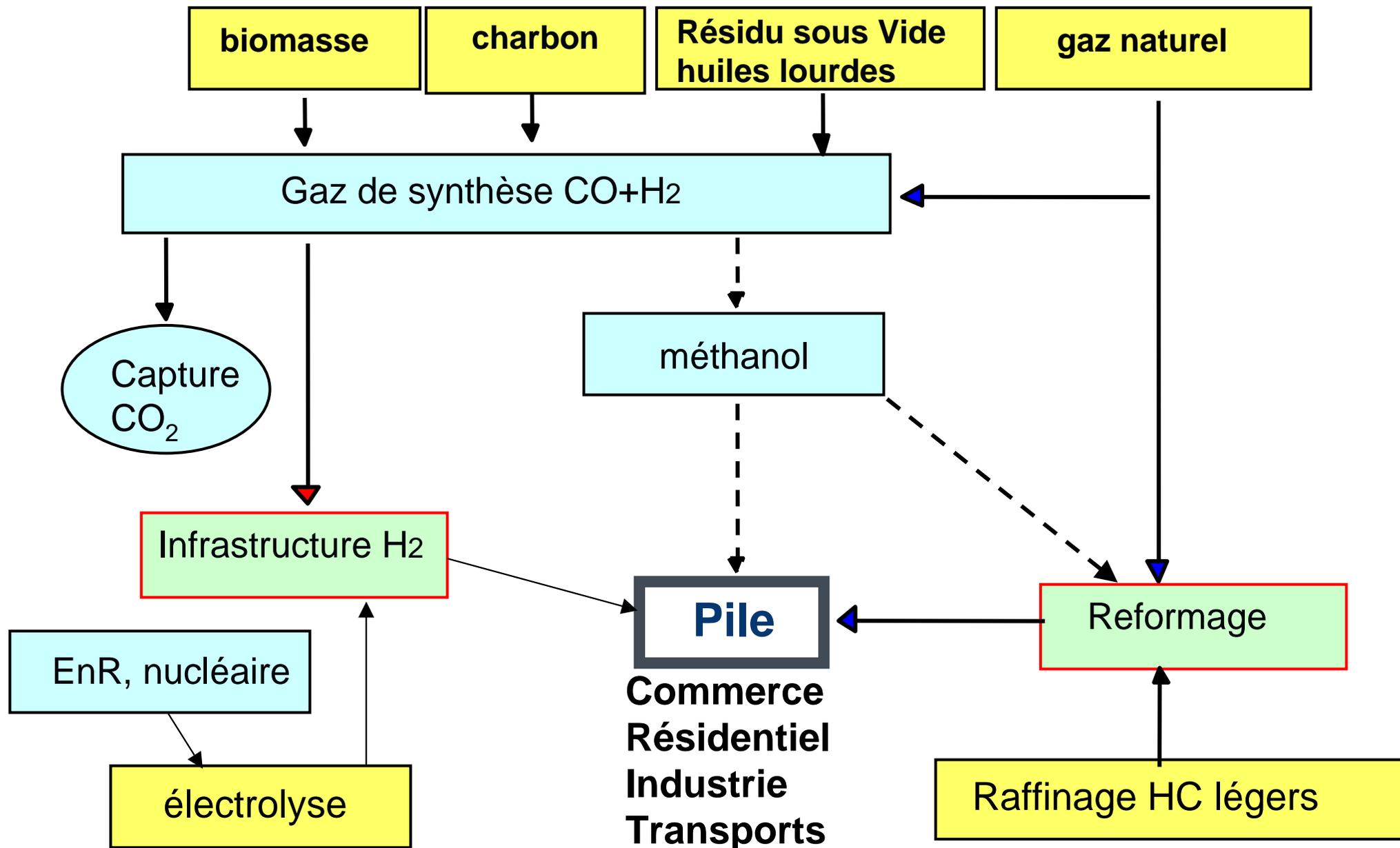
Nissan  
X-Trail, 2003 & 2005

Séries ???





# Flexibilité de la chaîne hydrogène + convertisseur performant (Pile à Combustible) = Economie H<sub>2</sub> ?





# Un peu de rationalité...Analyse du Puits à la Roue

Analyse énergétique : émissions (CO<sub>2</sub>) et énergie consommée (MJ)

- Pour produire le vecteur énergétique (Well To Tank, WtT)
- Lors de l'utilisation du vecteur énergétique (Tank To Wheel, TtW)

Une étude de référence: **Travaux JRC/CONCAWE/EUCAR** sur demande de la Commission Européenne (2002) :

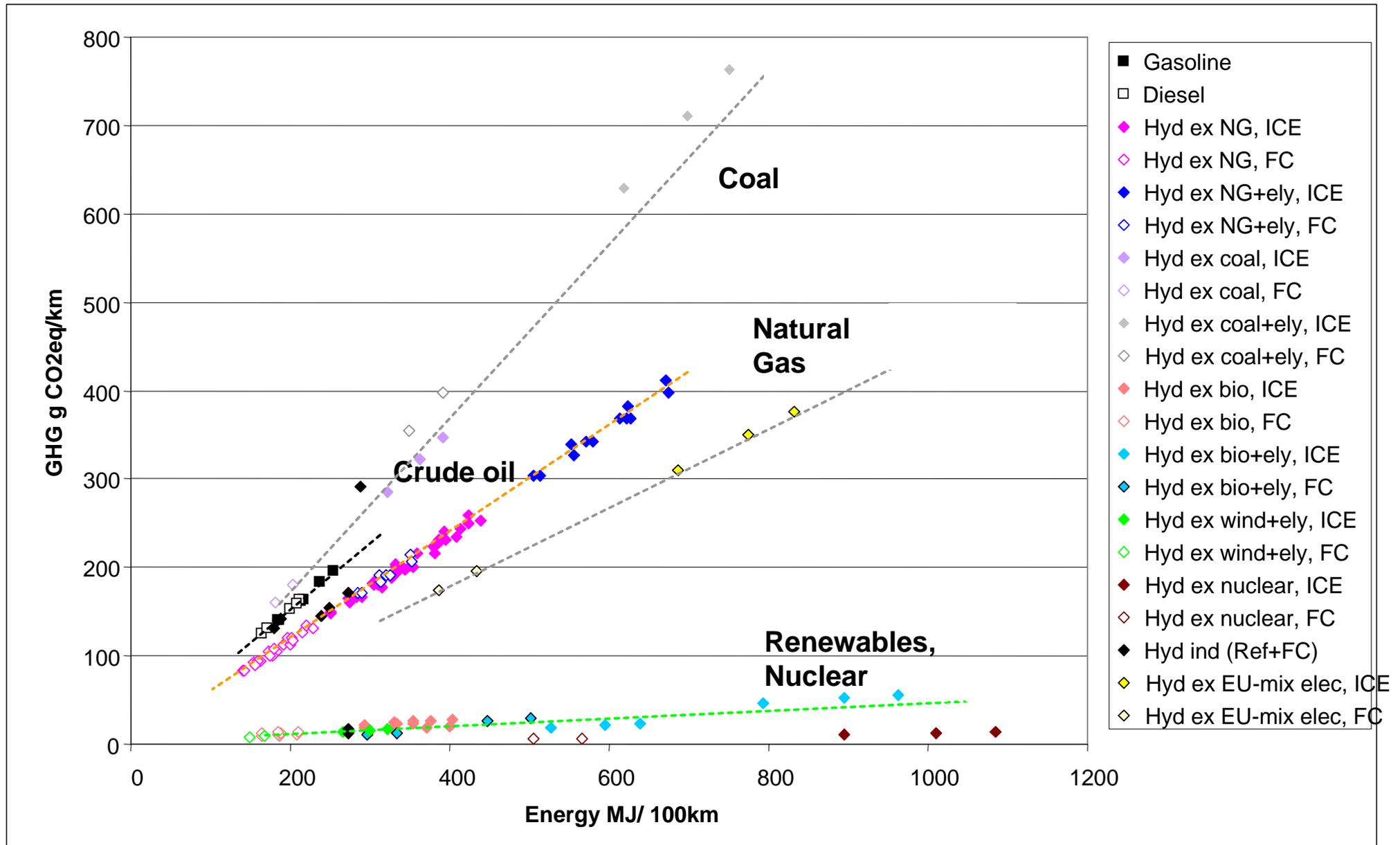
Etude conduite sur un véhicule de milieu de gamme (type Golf).

**75 filières énergétiques** différentes examinées.

Approche « consensuelle » sur bases scientifiques, publiée en 2003 et mise à jour régulièrement



# Les filières hydrogène : de grandes disparités





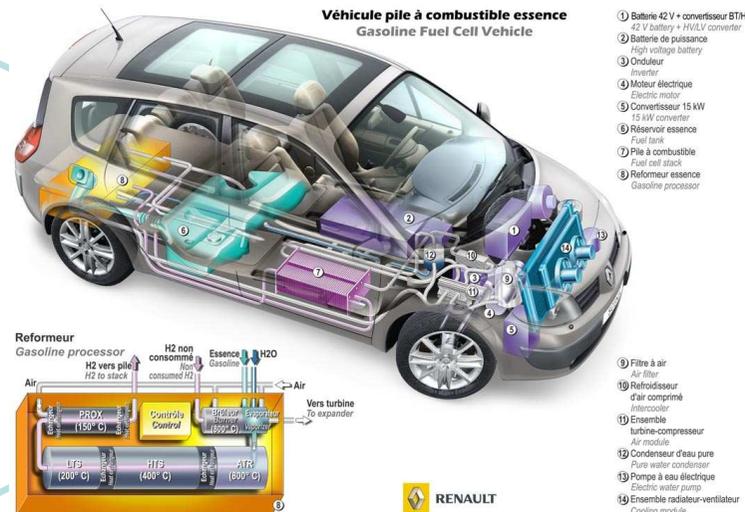
# Véhicule à Pile à Combustible: Les défis à relever

## → Un pari technologique difficile

Le coût

**Facteur 10 - 100**

La faisabilité technique



- ① Batterie 42 V + convertisseur BTMT  
42 V battery + HV/LV converter
- ② Batterie de puissance  
High voltage battery
- ③ Onduleur  
Inverter
- ④ Moteur électrique  
Electric motor
- ⑤ Convertisseur 15 kW  
15 kW converter
- ⑥ Réservoir essence  
Fuel tank
- ⑦ Pile à combustible  
Fuel cell stack
- ⑧ Reformeur essence  
Gasoline processor

Rendement global  
Thermique  
Dynamique  
Durabilité, Fiabilité

La concurrence des technologies traditionnelles

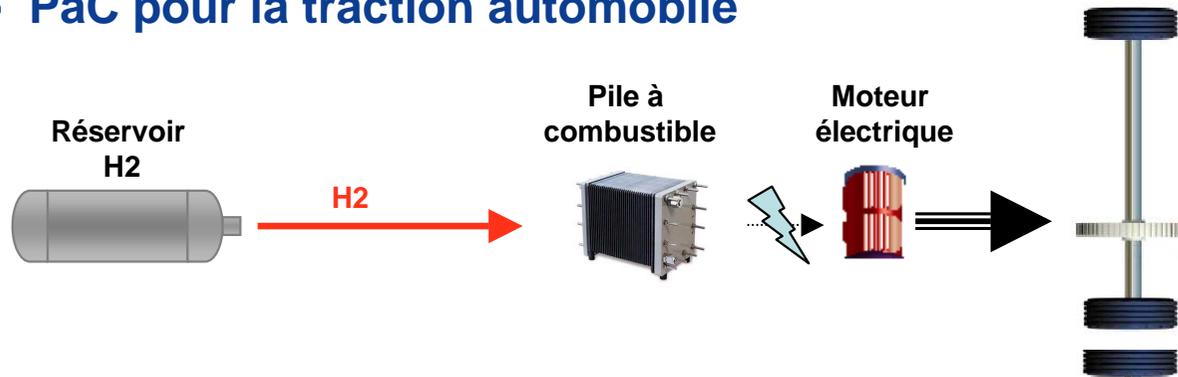
Le bénéfice environnemental



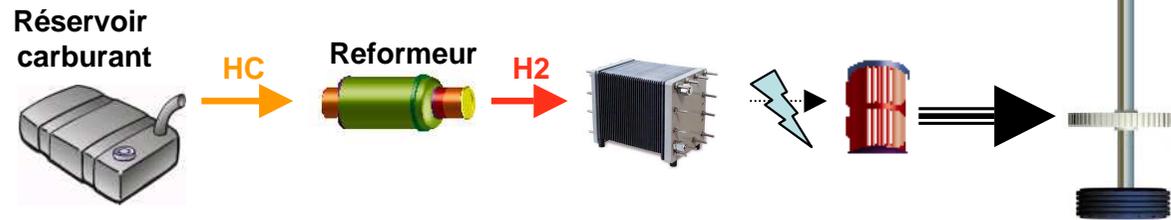
# Véhicules PàC

## Les différentes approches

### • PàC pour la traction automobile

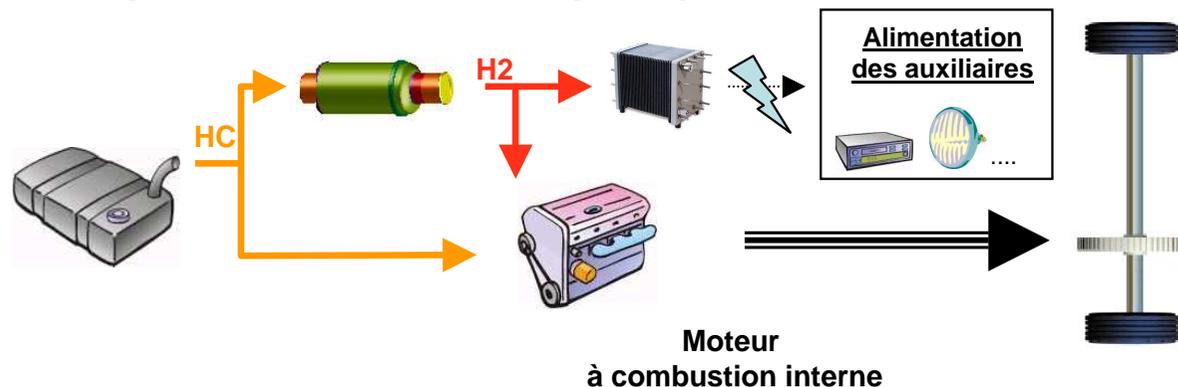


- + émissions polluantes et bilan TTW du véhicule
- + rendement pile
- émissions de CO<sub>2</sub> selon filière de production
- Complexité du stockage à bord
- Distribution H<sub>2</sub> à mettre en place



- + Réseau de distribution existant
- + autonomie véhicule
- + émissions polluantes
- émissions de CO<sub>2</sub> du véhicule (TTW)
- Complexité du reformage à bord

### • PàC pour les auxiliaires (APU)



- + Rendement PàC vs alternateur
- + Prestations moteur à l'arrêt
- + Réseau de distribution existant
- Complexité du reformage à bord



Dans le cadre de l'**Alliance** et depuis 2001:

**RENAULT** focalise ses activités de Recherche et Développement PAC sur le reformage embarqué de carburants liquides.

- Développement d'un reformeur multi-carburants en collaboration avec NUVERA
- Etude carburants avec TOTAL
- Développement d'un stack PEMFC en collaboration avec 3M
- Essais de modules de puissance au banc avec SNECMA (projet RESPIRE)

**NISSAN** focalise son activité PAC sur l'hydrogène comprimé. Il a déjà réalisé des véhicules sur les bases X-Terra et X-Trail. Après une collaboration avec UTCFC, Nissan développe aujourd'hui son propre stack.



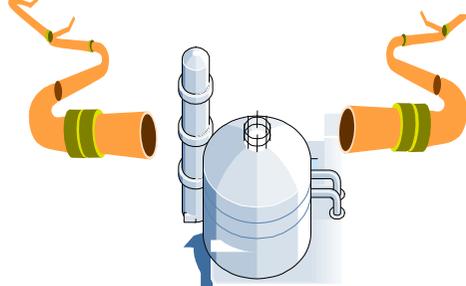
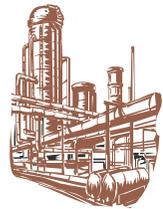
# Voies reformage direct et hydrogène embarqué

## Reformage embarqué multi-carburants

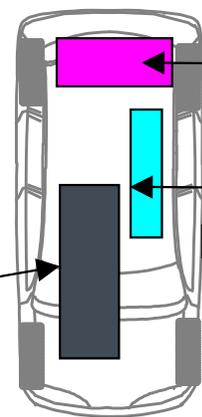
Pétrole, gaz



Biomasse



Réservoir carburant, reformeur et BoP



Batterie

FC stack

## Hydrogène Direct

Electricité  
Nucléaire or EnR



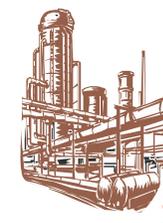
Gaz



Charbon  
Pétrole



Biomasse

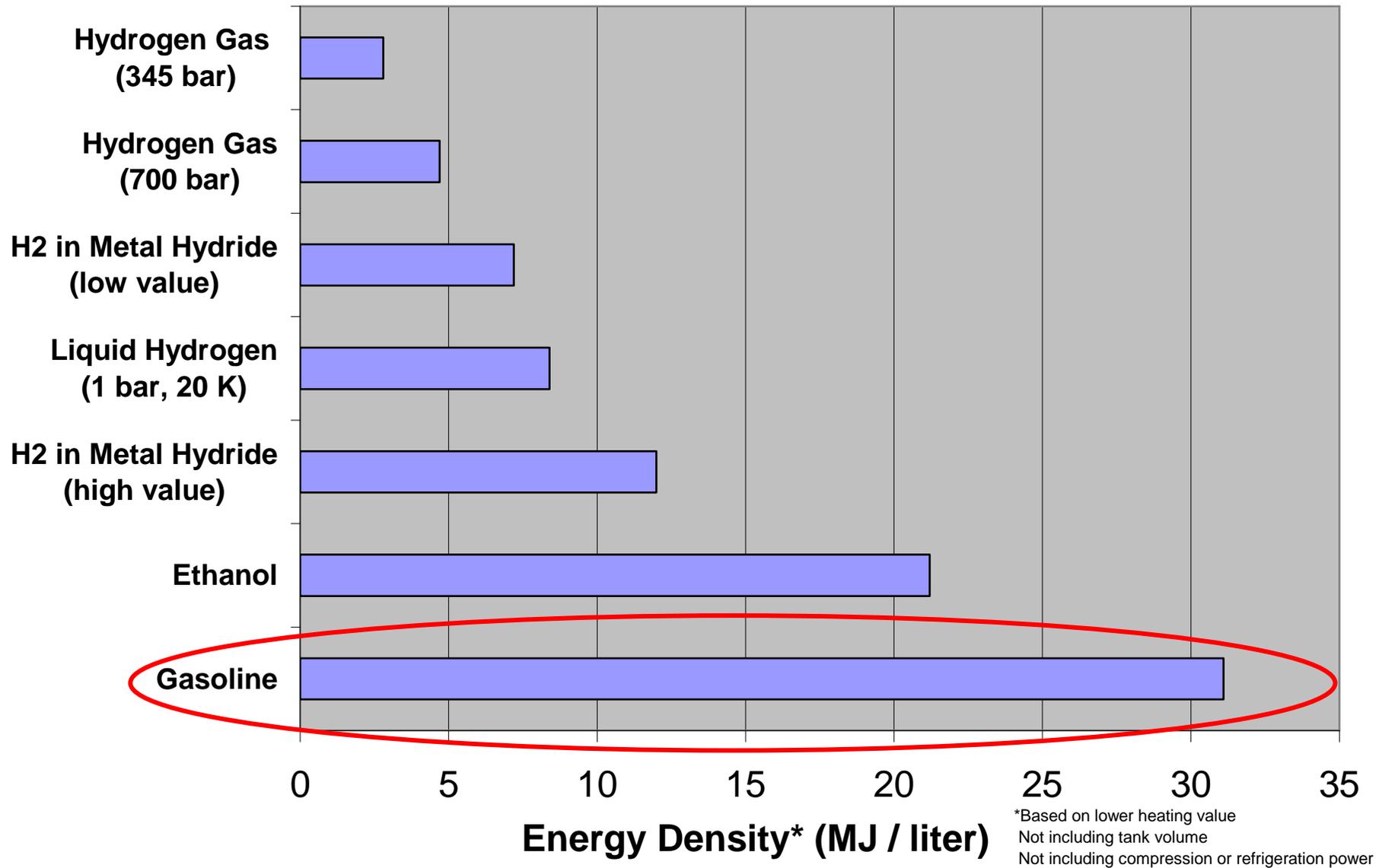


Stockage H2 et BoP



# Pourquoi le reformage embarqué?

Energy Storage Density by Method

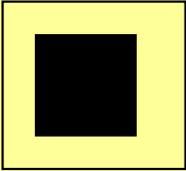


1. La plus forte intensité énergétique par unité de volume (autonomie)
2. Disponibilité de la production et du réseau de distribution



# Stack PEMFC - Collaboration Renault-3M

**3M**

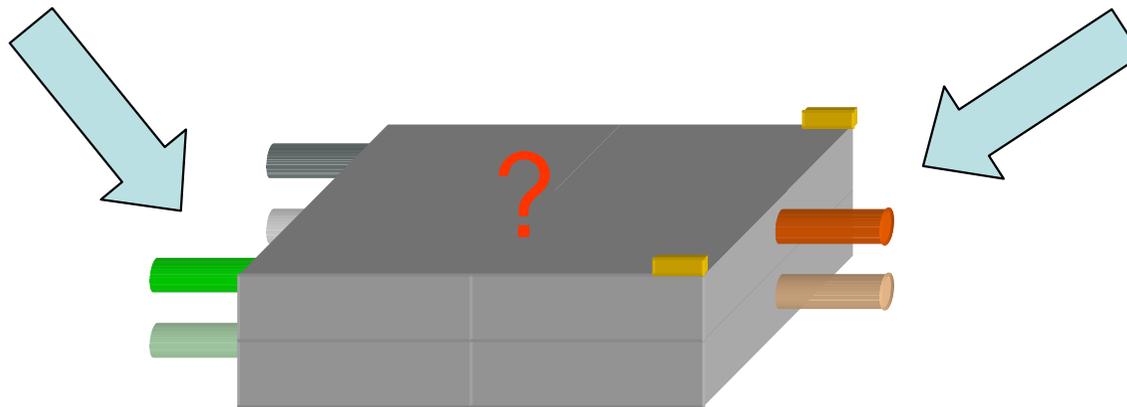


**MEA** : Cœur de métier  
**Expérience** en innovation  
(adhesifs, colle, ...)  
....

**Renault**

**Intégration véhicule**  
Volume, interfaces, dimensions  
Electronique de puissance  
SDF, coût

**Application Reformage embarqué**



## Défis:

- **Coût et Performances (membrane, catalyseurs)**
- **Température fonctionnement (- 30 °C à +110°C)**



- **Le coût d'une pile PEM se divise en trois postes sensiblement égaux:**
  - *La membrane*
  - *Les électrodes*
  - *Les plaques bipolaires*
- **Electrodes = Activité électrocatalytique du Pt....**



# Stratégie liée à la quantité de Platine dans le stack

Quantité « actuelle » de Pt dans un stack de 70 kW: environ **75 g Pt** (480 cell – 0,6 mg Pt/cm<sup>2</sup> – 250 cm<sup>2</sup>)

—————→ Impact sur le coût du stack

—————→ Impact sur les réserves mondiales de Pt en fonction de la quantité de véhicules commercialisés  
*(immobilisation, fluctuation des prix en fonction de la demande, ...)*

Prévisions 2010 – 2020 METI (Ministry of Economy, Trade and Industry):

5 millions de véhicules PAC et + de 10 GW en stationnaire

—————→ Soit environ 450 t de Pt

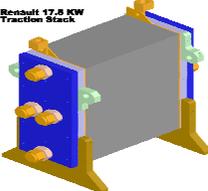
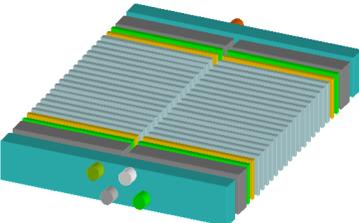
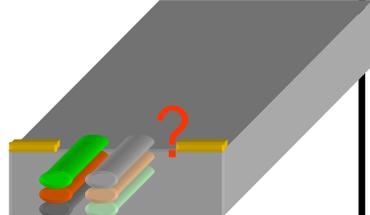
Réserve terrestre de Pt  
= 40 000 t

Production mondiale  
annuelle du Pt = 150 t

Autres applications =  
environ 100 t/an

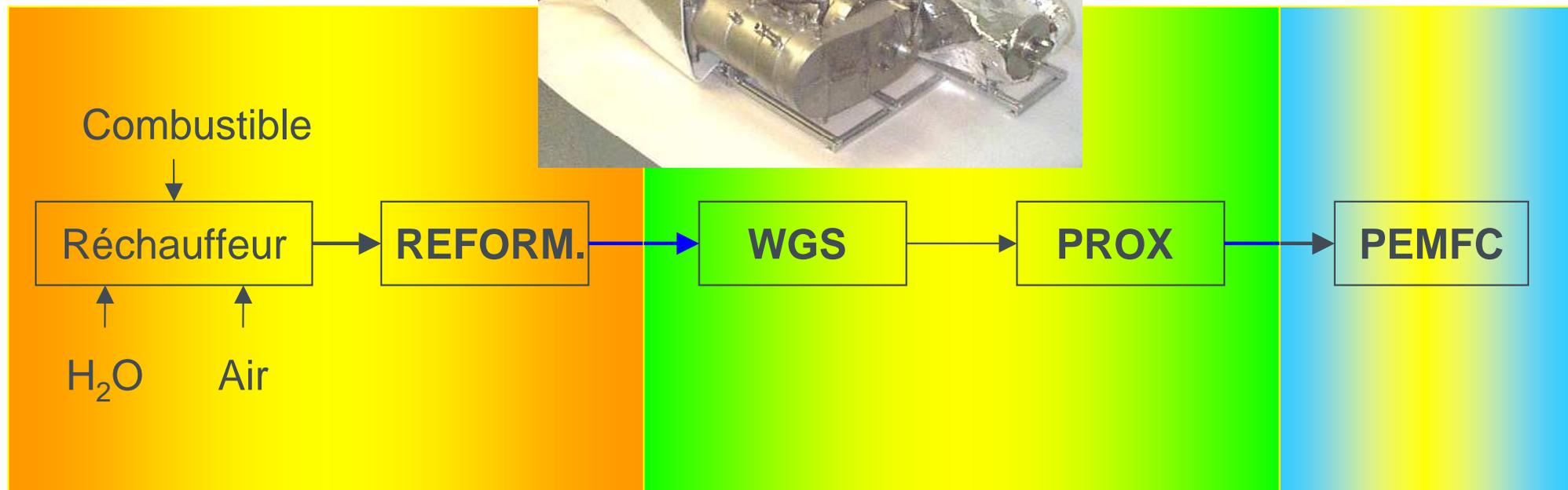
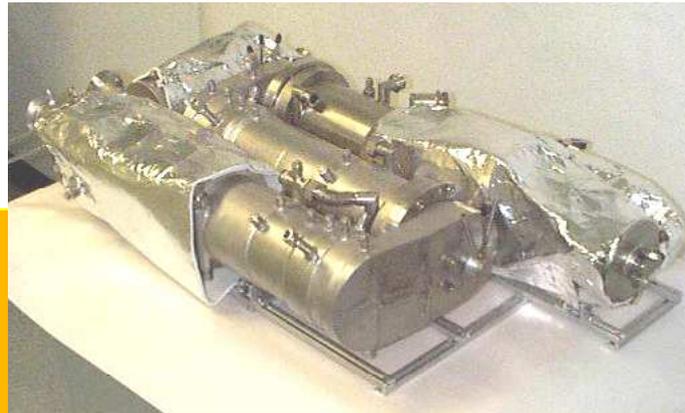


# Trois générations de stacks

	Oct 2005 4 X 	Mi 2006 	Dec 2007 
Puissance	70 kW	70 kW	70 kW
Rendement	56%	56%	56 %
Compacité Masse	230 l 400 kg	100 l 200 kg	70 l 70 kg
Pt	125 g	100 g	25 g



# Chaîne de traitement du carburant :



**Modes de reformage**  
**Catalyseurs**  
**Rendements**  
**Impuretés**

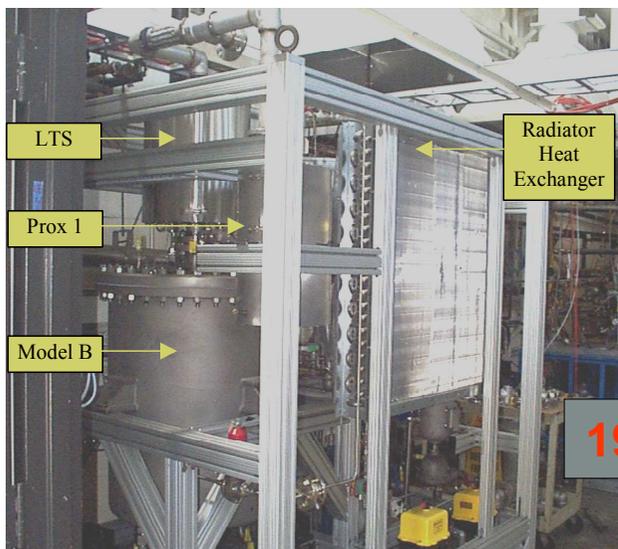
**Degré de purification**  
**Elimination des impuretés**  
**Apparition de nouveaux contaminants**

**Rendement**  
**Fonctionnements**  
**Modes transitoires**  
**Durabilité**

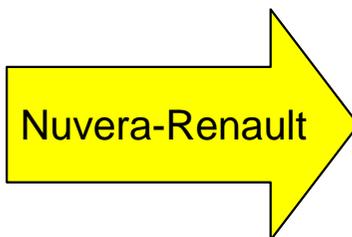


# Reformeur embarqué: Intégration mécanique

**L=800 / h=220 / l=425, poids <100kg pour 75 litres, puissance thermique de 33 kW à 195 kW**

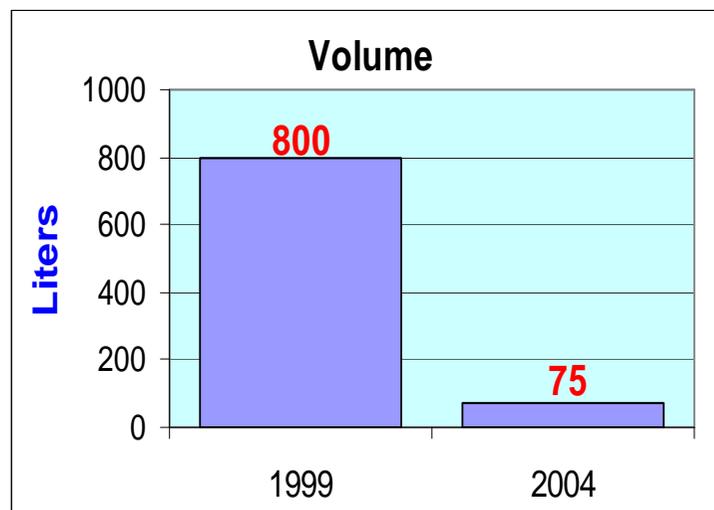


**1999**



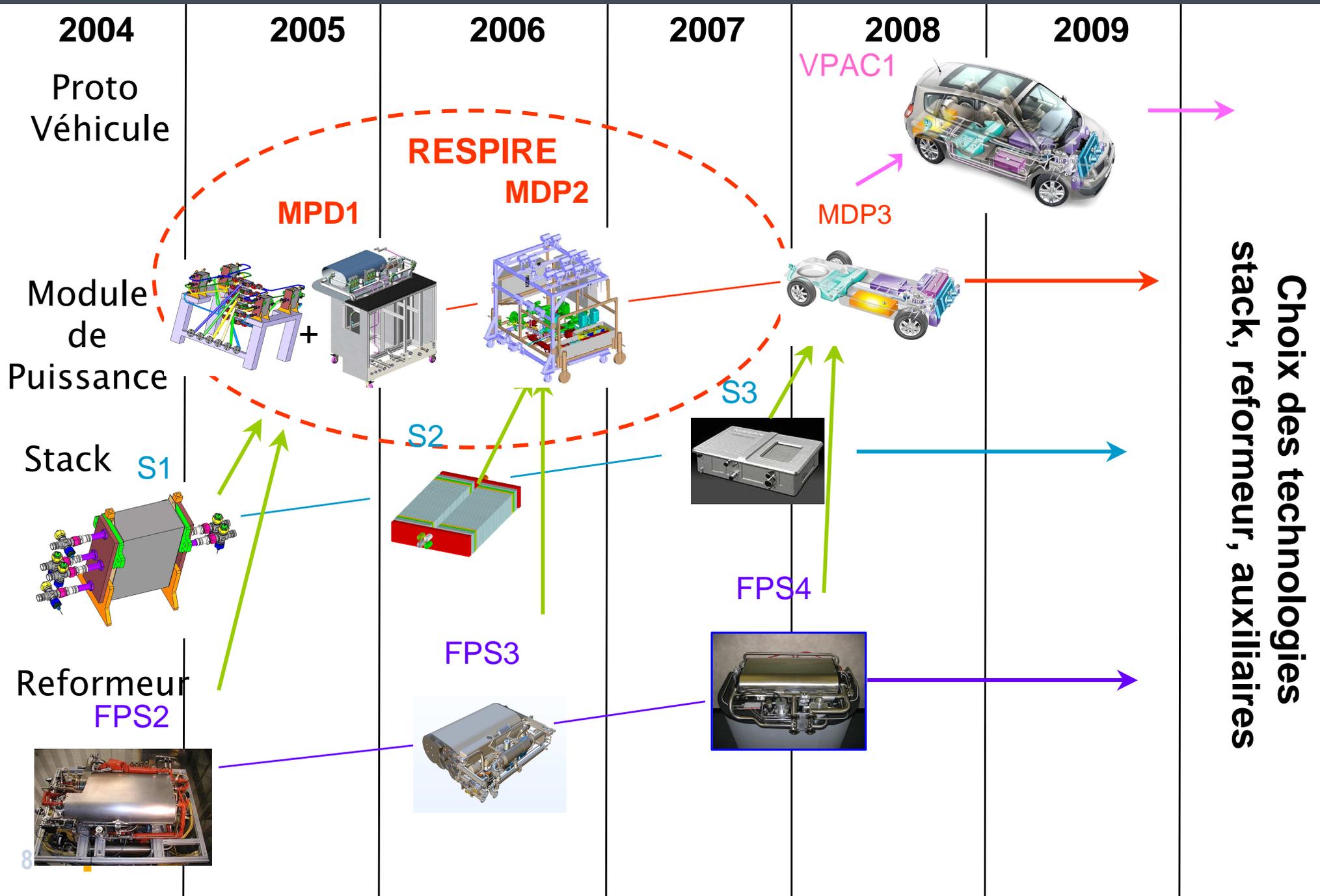
**2004**

## Pellets à monolithes





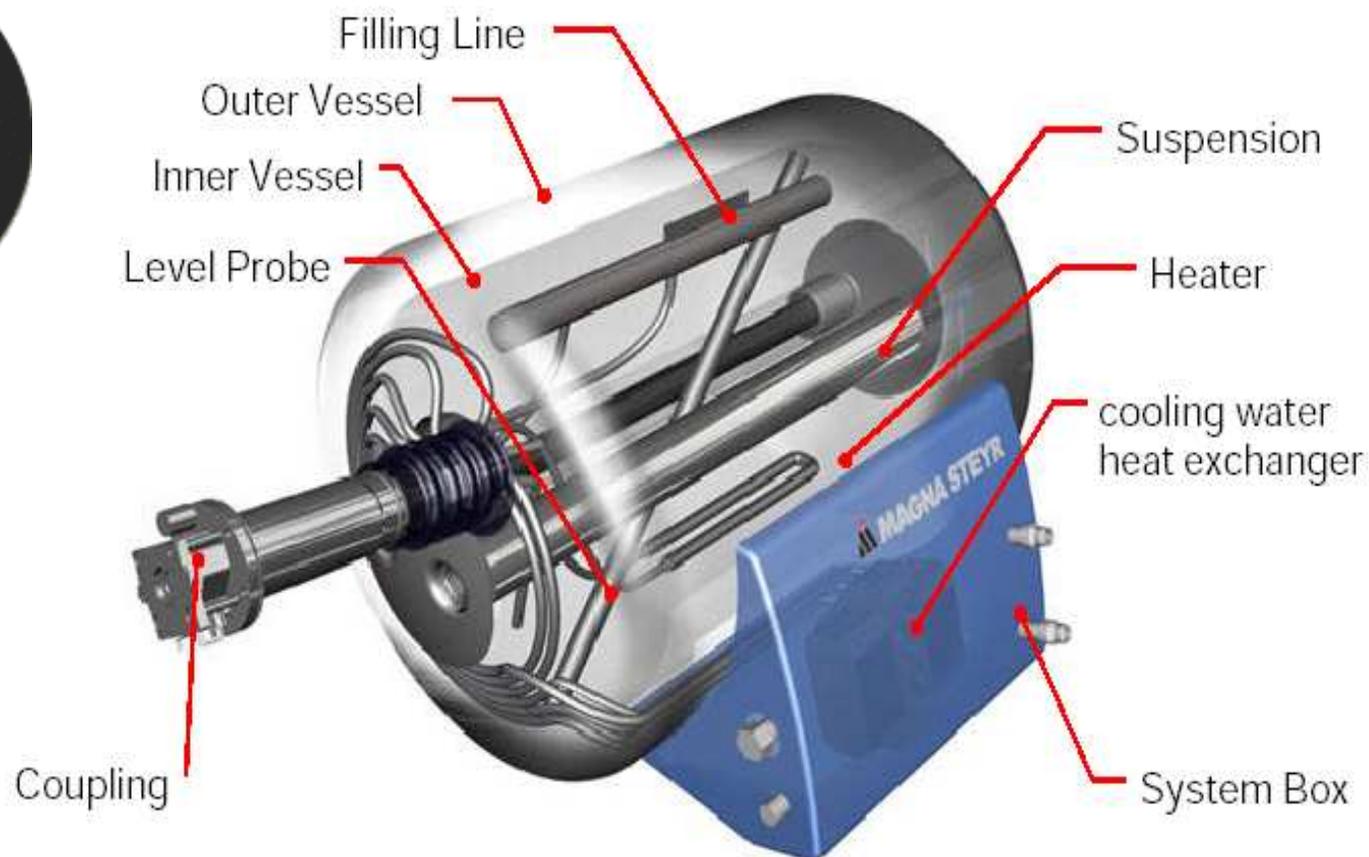
# Road Map activités PaC Renault





# Alternative reformeur: Stockage de l'hydrogène à bord d'un véhicule

## Réservoir H2 comprimé 700 bars

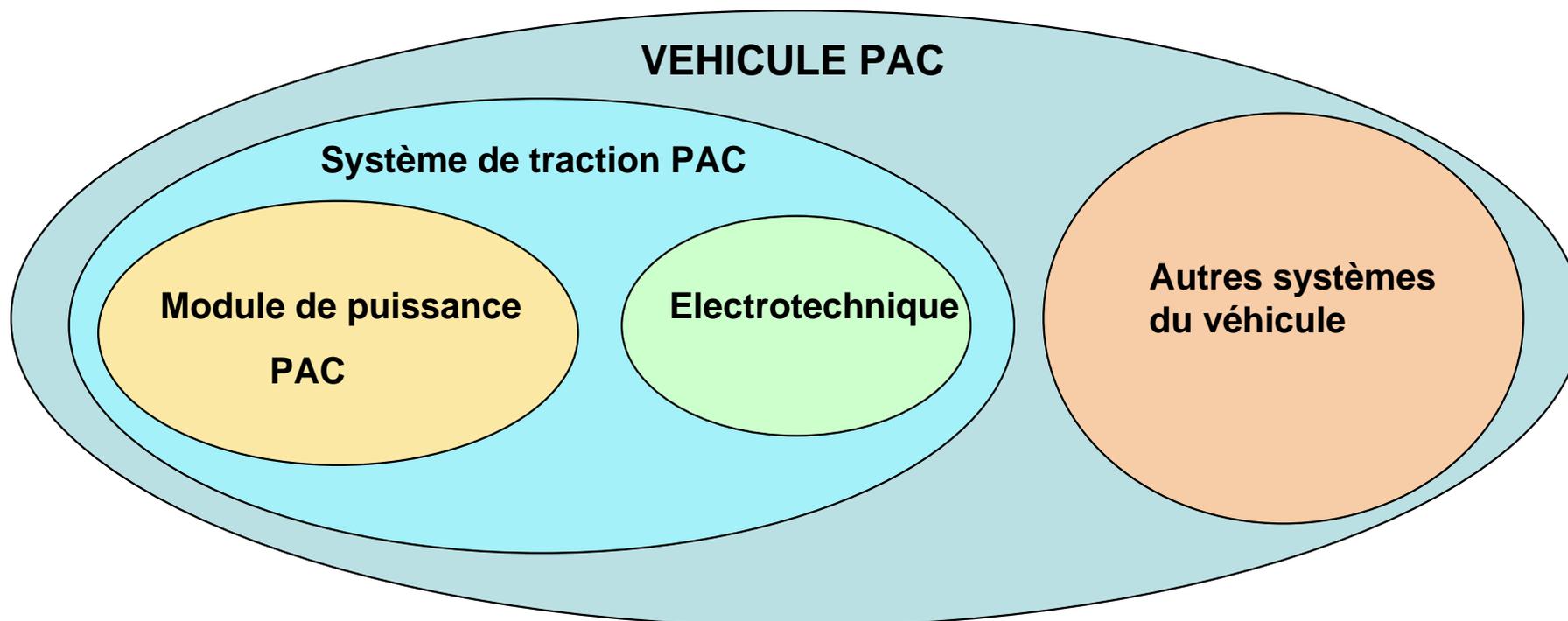


## H2 liquide pour BMW



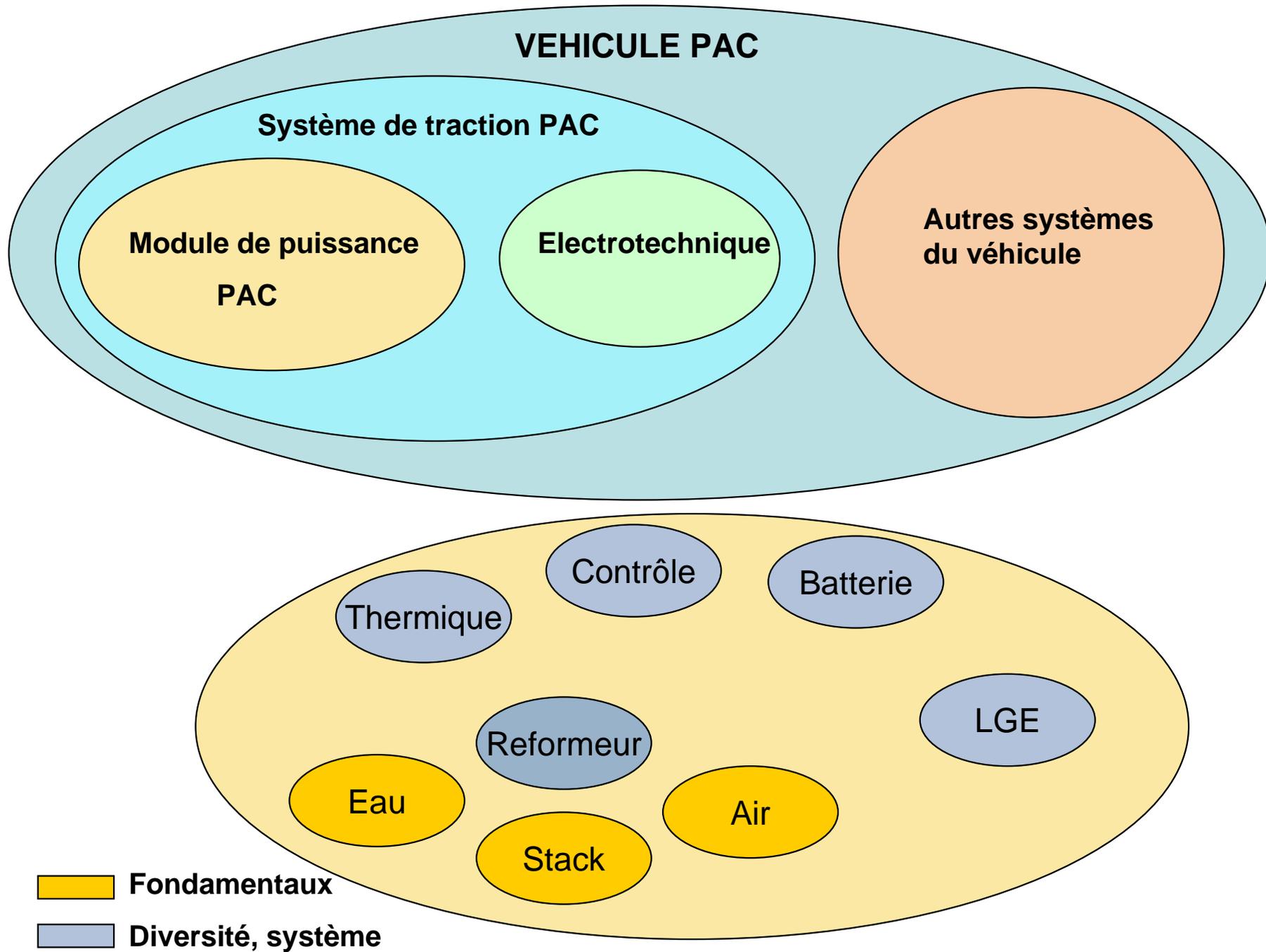
# C'est quoi un véhicule PAC ?

**Le véhicule PAC n'est pas qu'un module de puissance ...**





# Véhicule à Pile à Combustible: Les défis à relever





## *Scénario Hydrogène/piles à combustible en 2010*

	<b>Applications Transports</b>	<b>Applications Stationnaires (en MW)</b>	<b>Financements publics (MEUR)</b>
<b>USA</b>	< 1000 véhicules (bus, VP) < 20 stations H2	80	1200 (annoncé)
<b>Japon</b>	< 2000 véhicules < 20 stations H2	80	1200 (annoncé)
<b>Europe (Commission)</b>	< 500 véhicules < 15 stations	30	200 (prévision)
<b>Europe (financements nationaux)</b>			300 (dont 50 % en RFA)



# Conclusion: Les solutions automobiles pour demain ?



Internal Combustion  
Engine (new generation)

Coût

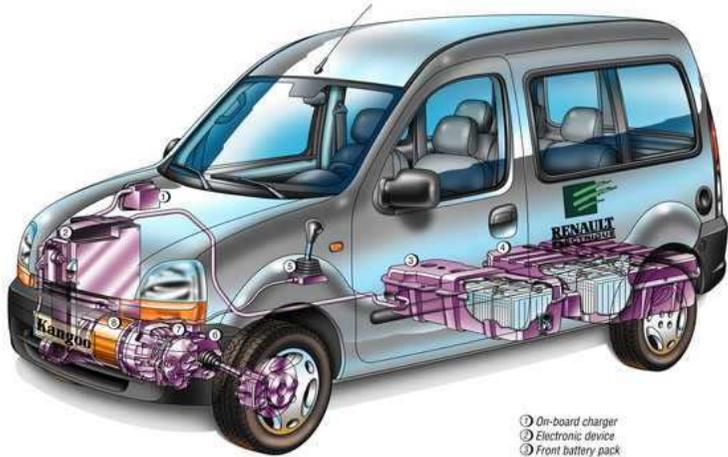
Valeur  
Client

Acceptabilité  
sociale

CO<sub>2</sub>  
Emission



Hybrid Vehicle



Electric Vehicle

- ① On-board charger
- ② Electronic device
- ③ Front battery pack



Fuel Cell Vehicle



**« ...Oui, mes amis, je crois que l'eau sera employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, utilisés isolément ou simultanément fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisable et d'une intensité que la houille ne saurait avoir...L'eau est le charbon de l'avenir »**

**Jules Verne – L'Île Mystérieuse, 1874**

**Livre de Poche, Edition 2002, page 421**





# Jules Verne – Grand visionnaire... mais échelle de temps discutable...

*« Avant 20 ans, la moitié de la Terre aura visité  
la Lune »*

Jules Verne – De la Terre à la Lune, 1865

