



# Véhicules électriques à batterie

# Véhicules électriques à hydrogène

## Faut-il choisir ?

Prof. Dr. Daniel HISSEL  
Univ. Bourgogne Franche-Comte, France

FEMTO-ST Institute, UMR CNRS 6174  
FCLAB Research Federation, FR CNRS 3539

[daniel.hissel@univ-fcomte.fr](mailto:daniel.hissel@univ-fcomte.fr)





# Véhicules électriques à batterie Véhicules électriques à hydrogène Faut-il choisir ?

## Motivations

# Motivations

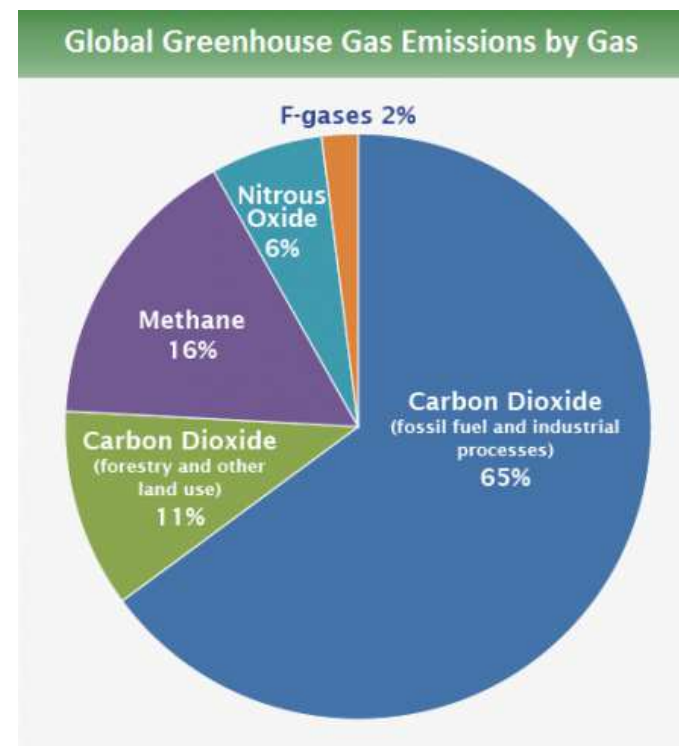
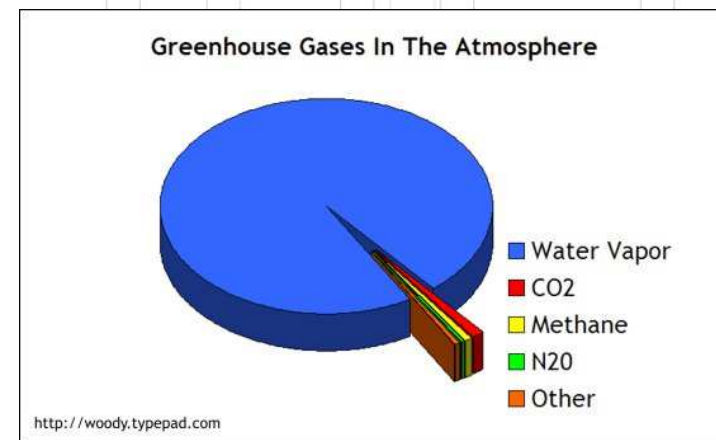
## – Global “Warning” !

### Gaz à effet de serre (GHG):

- Capables d’absorber et d’émettre des radiations infrarouges
- Dans l’ordre, les plus importants :
  - Vapeur d’eau (H<sub>2</sub>O)
  - Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)
  - Méthane (CH<sub>4</sub>)
  - Oxyde d’azote (N<sub>2</sub>O)
  - Ozone (O<sub>3</sub>)
  - Gaz fluorés

### Global Warming Potential of Primary Greenhouse Gases

Greenhouse Gas	Chemical formula	Global Warming Potential [Time Horizon]	
		20 years	100 years
Carbon Dioxide	CO <sub>2</sub>	1	1
Methane	CH <sub>4</sub>	42-70	16-26
Nitrous Oxide	N <sub>2</sub> O	280	310
Hydrofluorocarbons	HFCs	460 - 9,100	140-11,700
Perfluorocarbon	PFCs	4,400-6,200	6,500-23,900
Sulphur Hexafluoride	SF <sub>6</sub>	16,300	23,900



Source: IPCC (2014)

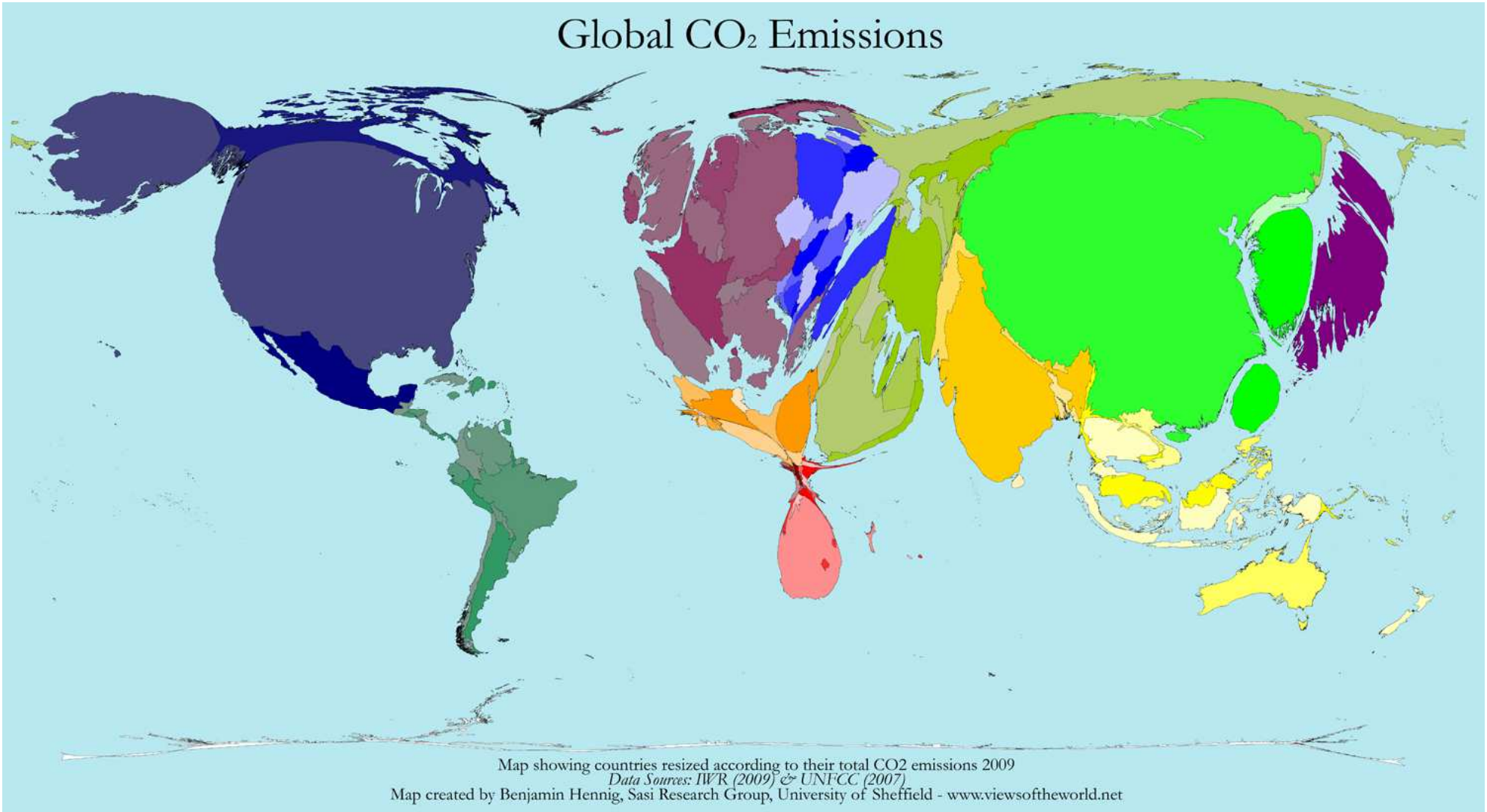
# Motivations

## Emissions de CO<sub>2</sub> :

- Différentes valeurs pour chaque pays...



Global CO<sub>2</sub> Emissions

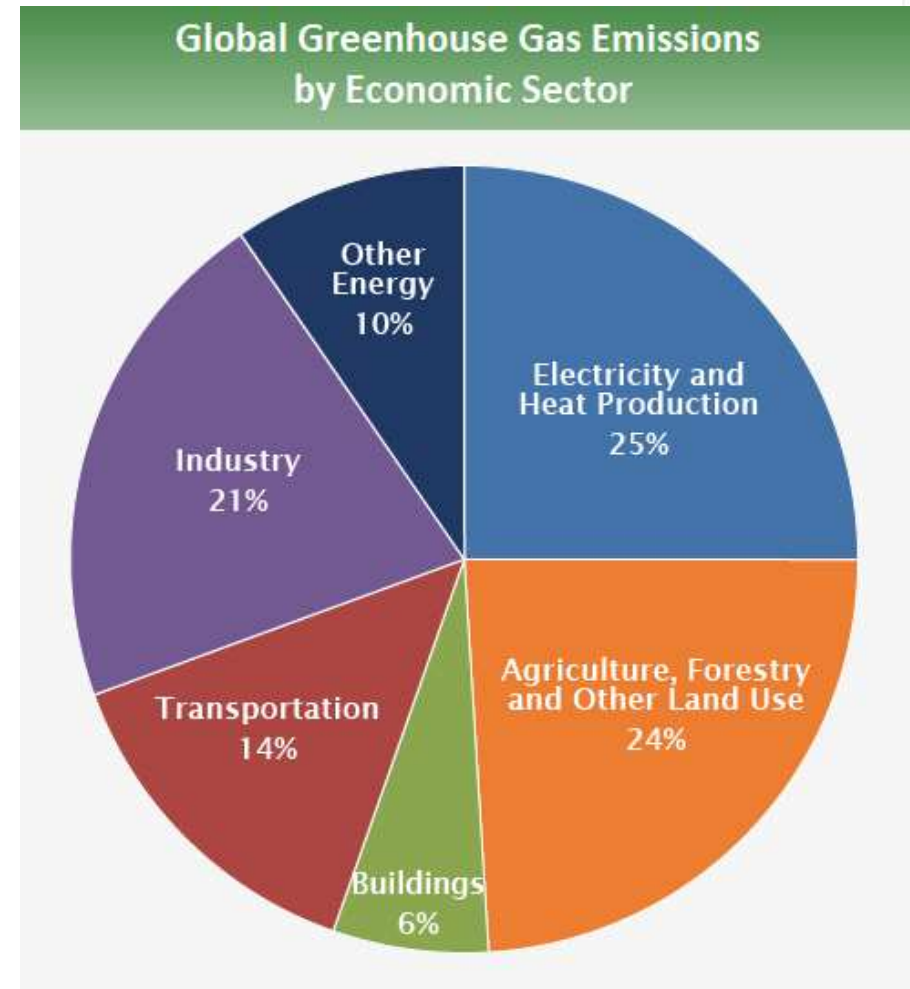


# Motivations



## Contributions par secteur économique :

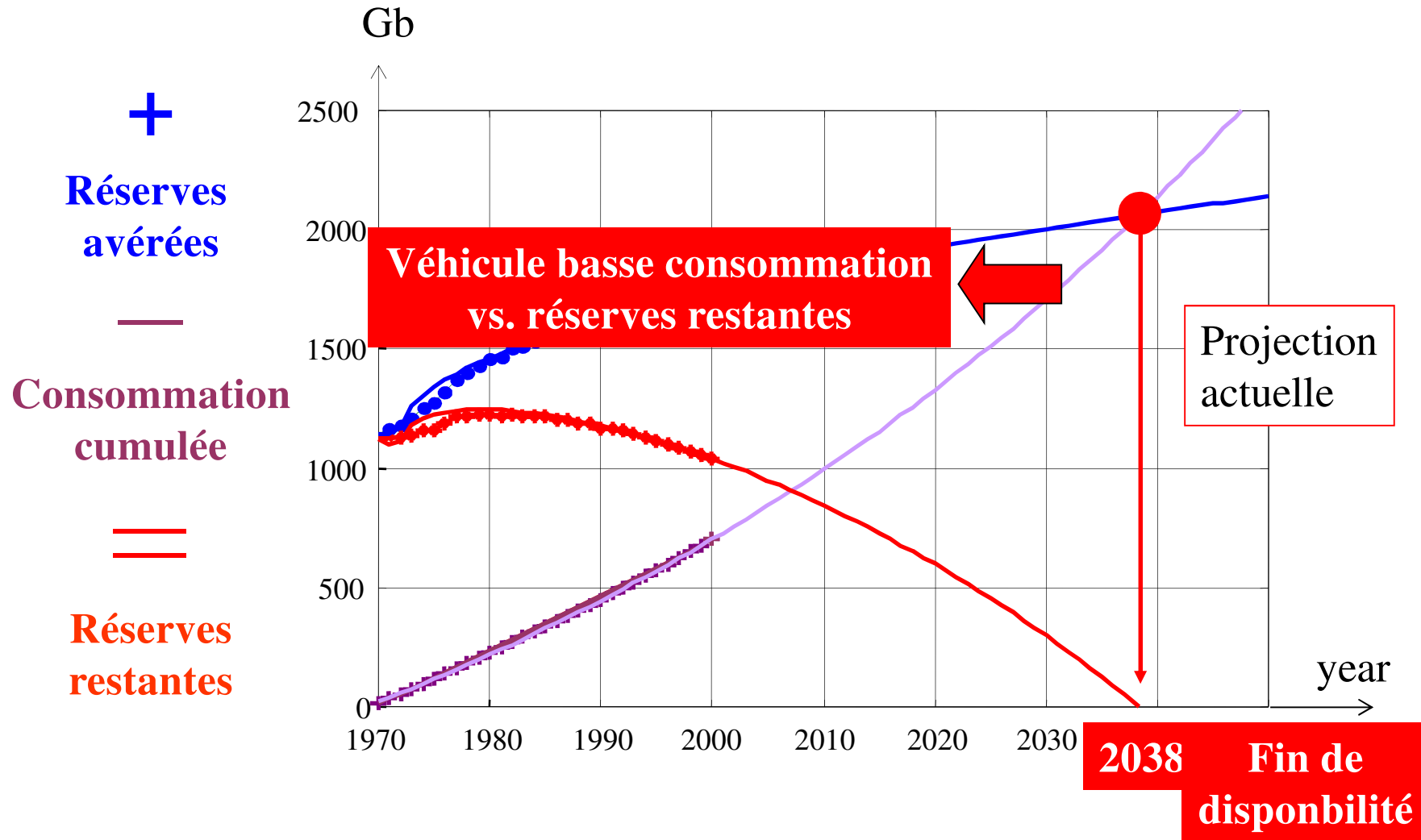
- Le transport représente environ 15% des contributions...
- Essentiel de travailler sur ces questions, mais loin d'être la seule problématique...
- **Attention aux raccourcis !**



Source: IPCC (2014)

# Motivations

## Ressources de pétrole :



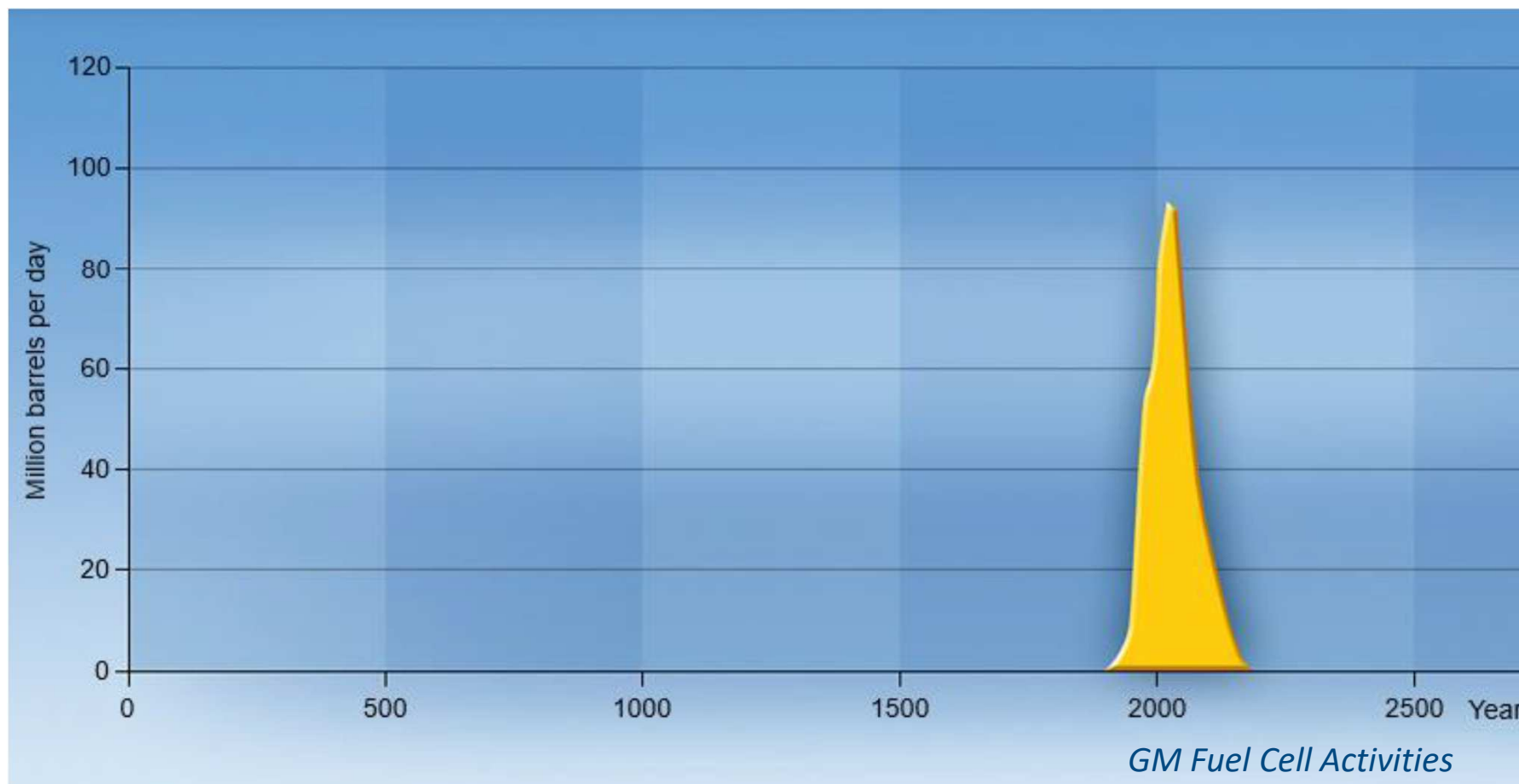
Source: Eshani, M. et al., IEEE Vehicular Power Propulsion Conference, 2005.

# Motivations



## Ere du pétrole :

- Juste un Dirac dans l'espace du temps...



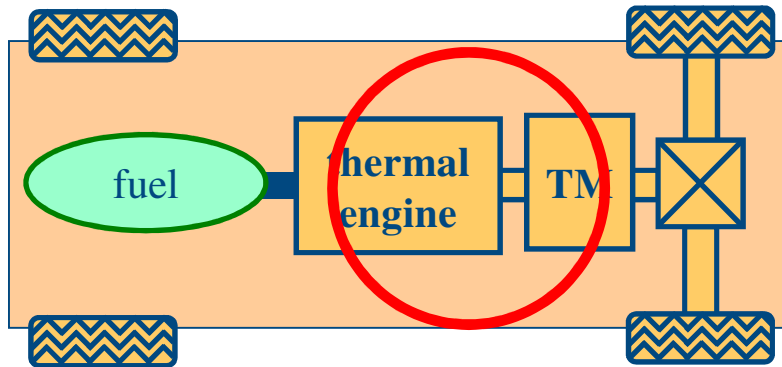


Véhicules électriques à batterie  
Véhicules électriques à hydrogène  
Faut-il choisir ?

**Quelques éléments de contexte**

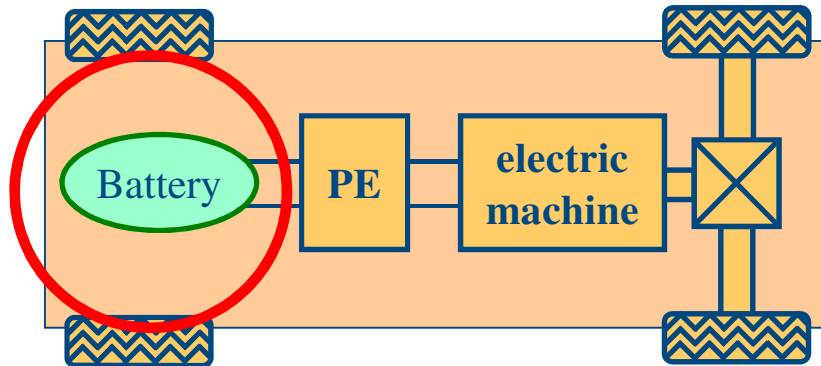


# Différents véhicules



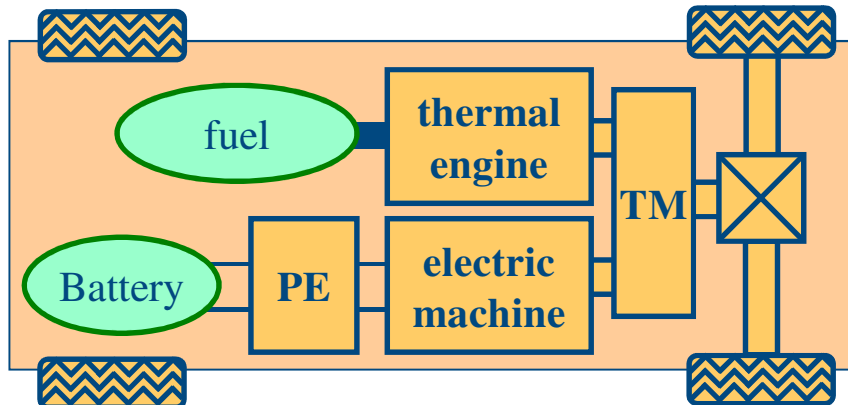
## Véhicule conventionnel :

- pollution
- faible rendement
- soutenabilité du modèle



## Véhicule électrique (conventionnel) :

- temps élevé de charge
- autonomie limitée
- durée de vie des batteries

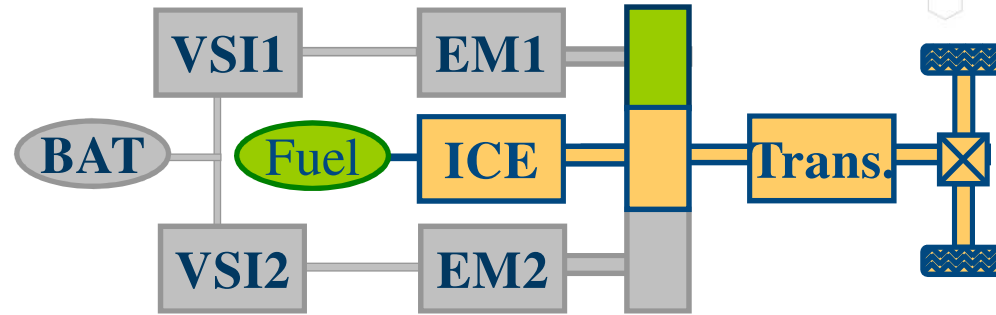


## Véhicule hybride :

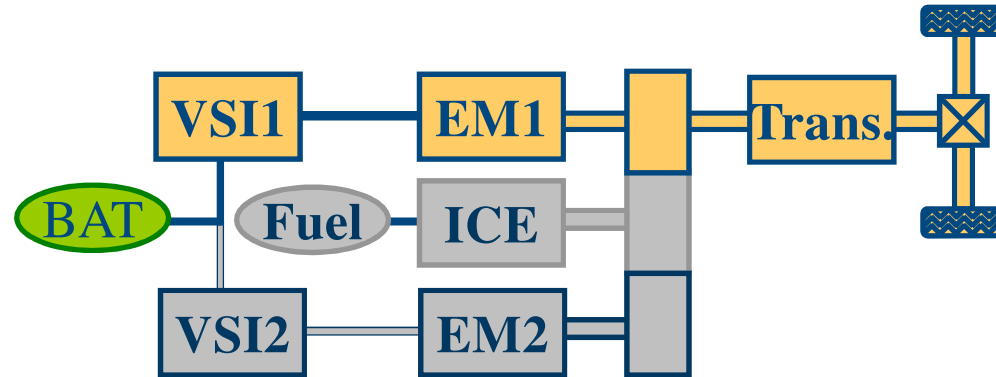
- avantages de chaque technologie
- coût plus élevé
- contrôle plus complexe

# Différentes chaînes de traction

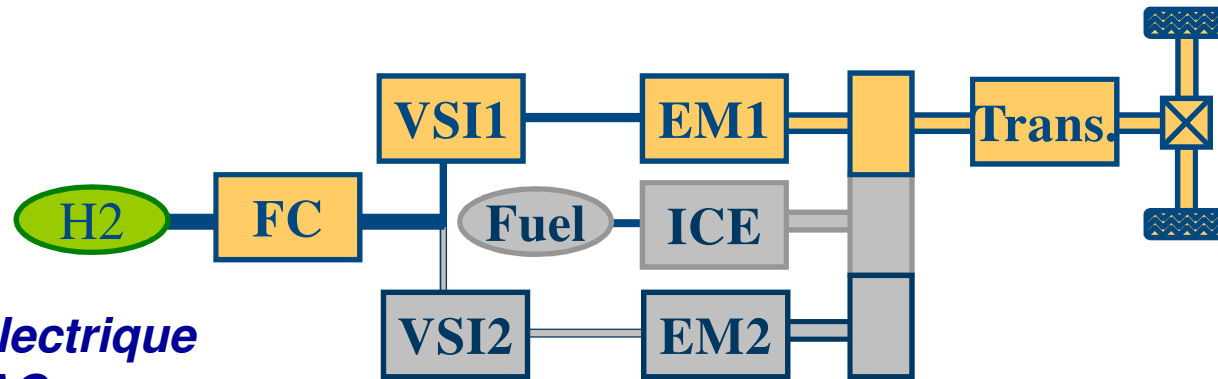
*Véhicule conventionnel*



*Véhicule électrique conventionnel*



*Véhicule électrique à PAC*

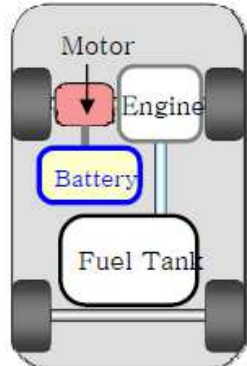
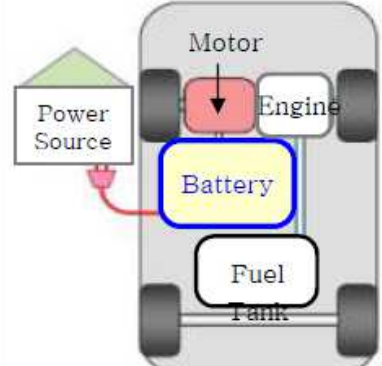
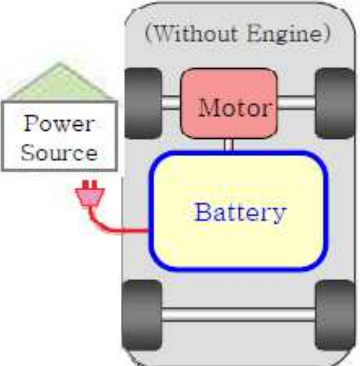
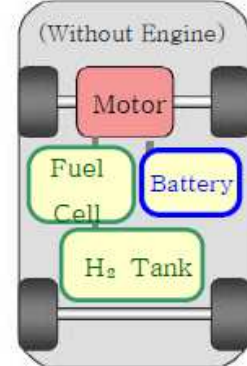


# Différents véhicules



## Contraintes technologiques :

- Différentes tailles de réservoirs
- Différentes tailles de batteries
- Différentes tailles de machines électriques

	Hybrid	Plug-in Hybrid	Electric Vehicle	Fuel Cell Electric Vehicle
Types	<p>Engine + Motor</p>  <p>Battery 0.9 ~ 1.8 kwh</p>	<p>Motor drive</p>  <p>Battery 4 ~ 16 kwh</p>	<p>Motor drive only</p>  <p>Battery 10 ~ 30 kwh</p>	<p>Powered by Fuel Cell</p>  <p>Battery 0.9 ~ 8 kwh</p>
structure	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Improve fuel economy using electric power in inefficient engine operation area</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Re Charge form external power source</li> <li>• Hybrid + EV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drive by electric energy (No engine operation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drive by the electricity from chemical reaction of H2 and O2 in fuel cell</li> </ul>

# L'hydrogène...

L'élément le plus abondant dans l'univers...

... **75% en masse et 92% en nombre d'atomes**



Très grande densité énergétique

... **33kWh/kg**

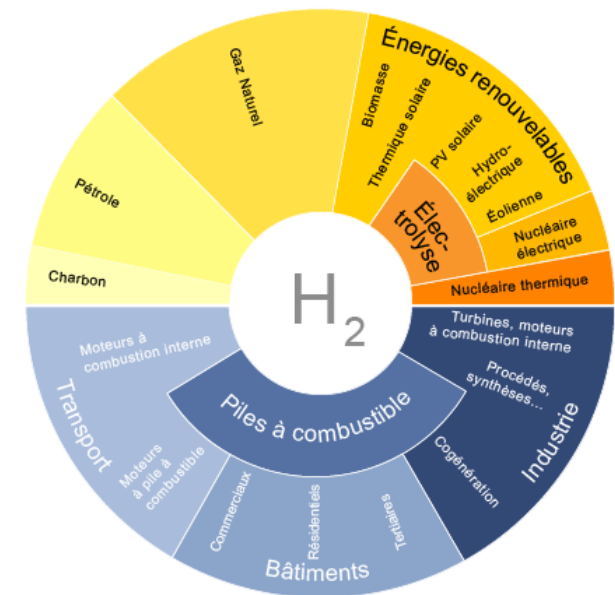
... **> 3x essence**

... **> 100x accumulateurs électrochimiques**

Quasi jamais à l'état naturel moléculaire sur Terre

... **il faut le produire**

... **vecteur énergétique dual à l'électricité**



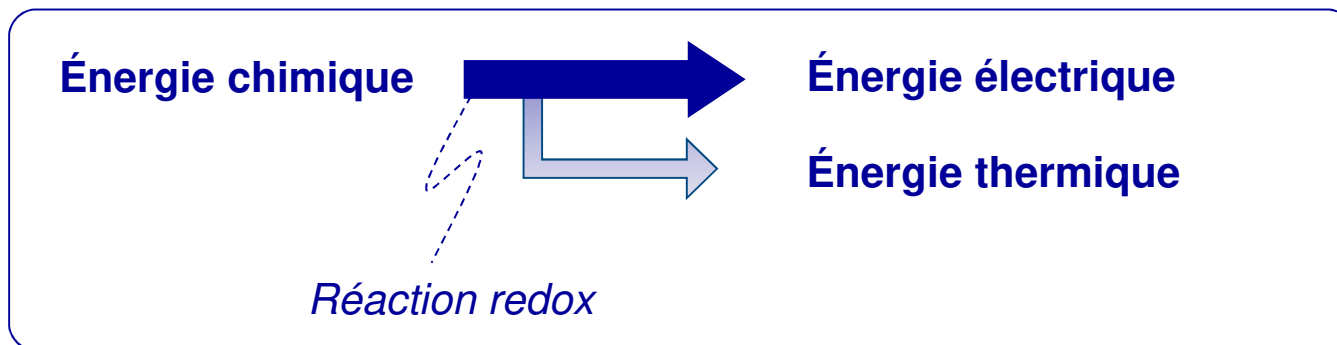
# Pile à combustible...

## – Définition

- Un **dispositif électrochimique** qui convertit de manière continue l'énergie chimique d'un combustible et d'un comburant en énergie électrique (DC), chaleur et différents sous-produits de réaction. Les combustible et comburant sont **stockés à l'extérieur** de la cellule et transférés à l'intérieur au fur et à mesure de la consommation des réactifs.

## – Principales différences avec des accumulateurs électrochimiques « traditionnels »

- Combustible **fourni de manière continue & stocké à l'extérieur**
- Capacité de **recharge très rapide**
- **Découplage énergie / puissance**

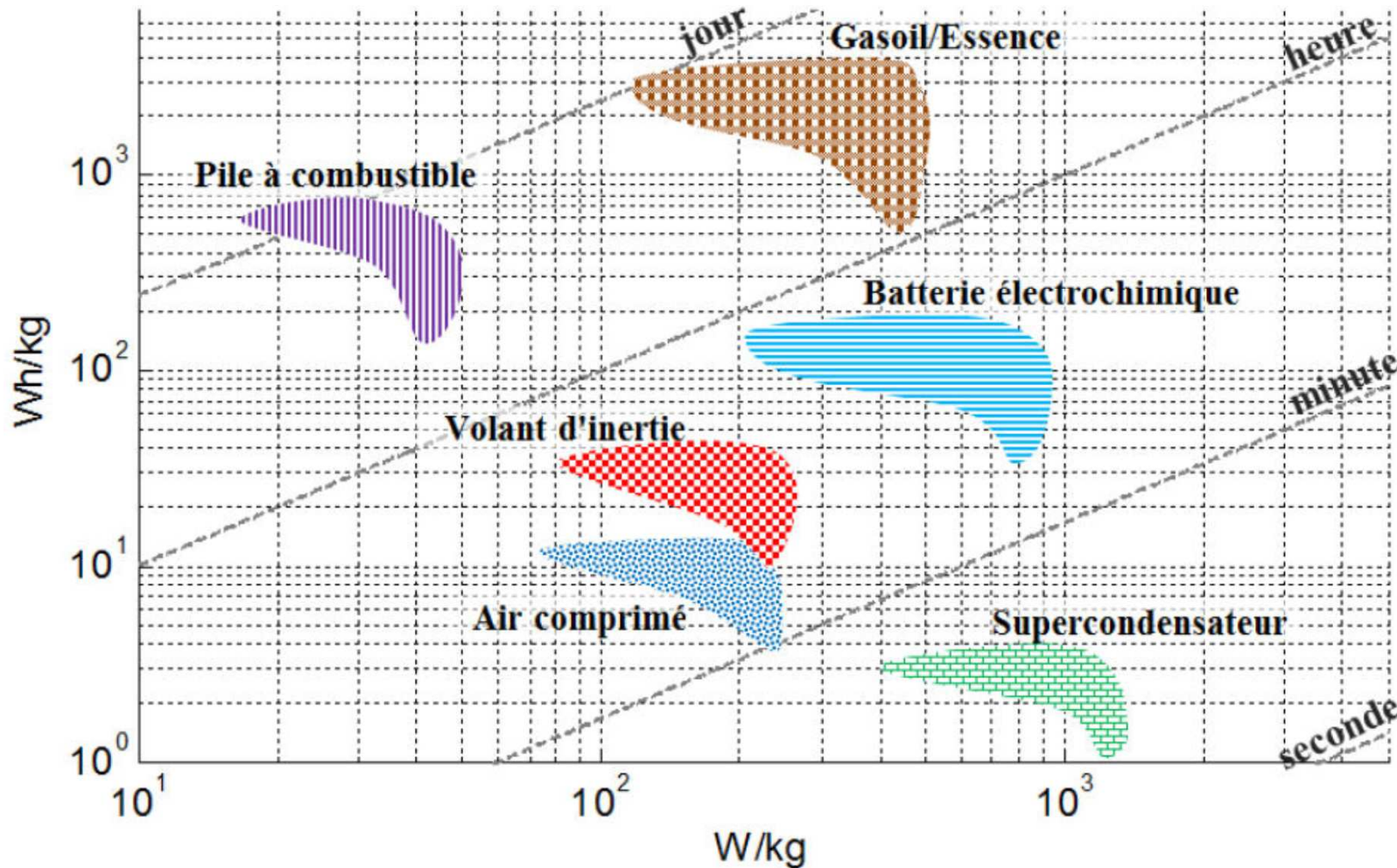


*ElingKlinger PEMFC NM5*

# Diagramme de Ragone

## – Définition

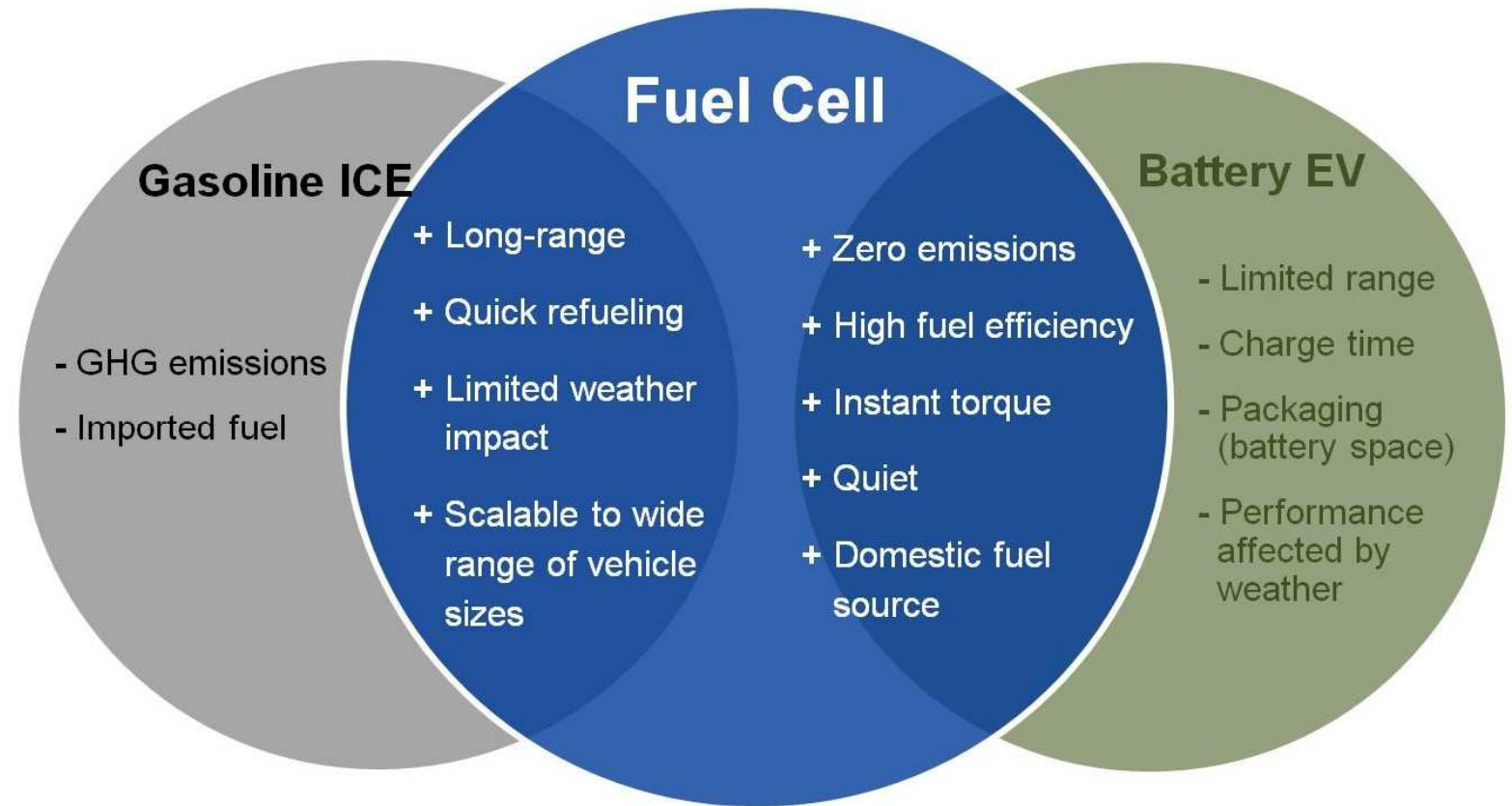
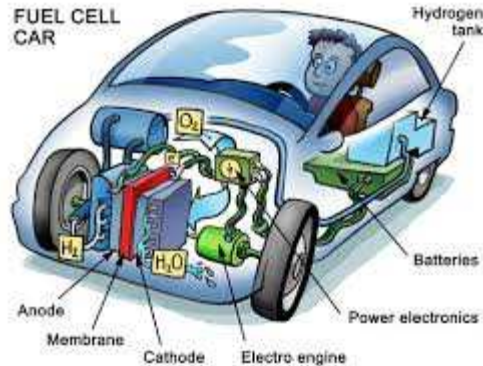
- Graphique utilisé couramment pour comparer les performances des techniques de stockage d'énergie



A. Lièvre, Université Claude Bernard Lyon 1, 2015.

# Avantages possibles de la technologie H2

## – Application automobile



<http://www.hyundai.com>



Véhicules électriques à batterie  
Véhicules électriques à hydrogène  
Faut-il choisir ?

# Conclusions



# Conclusions

## – Le match des références...



**Renault ZOE 2017**

- Autonomie : 250 à 350 km
  - Variable en fonction des conditions de température ambiante
- Vitesse maximale : 135km/h
- Energie batterie : 41kWh
- Puissance : 65kW
- Durée recharge : 20h sur prise domestique
- Rendement  $\cong$  68% (à partir d'électricité issue d'EnR)
- Prix : 28k€ environ + 119€/mois (location batterie)

Véhicule urbain



**Toyota MIRAI**

- Autonomie : 500 km
  - Indépendante des conditions de température ambiante
- Vitesse maximale : 178km/h
- Energie batterie : 1,6kWh
- Energie réservoir H2 (700 bars) : 165kWh
- Pile à combustible : 114kW
- Puissance : 113kW
- Durée recharge : 3 minutes
- Rendement  $\cong$  30% (à partir d'électricité issue d'EnR)
- Prix : 65k€ environ

Véhicule polyvalent  
Flottes captives



# Véhicules électriques à batterie

# Véhicules électriques à hydrogène

## Faut-il choisir ?

Prof. Dr. Daniel HISSEL  
Univ. Bourgogne Franche-Comte, France

FEMTO-ST Institute, UMR CNRS 6174  
FCLAB Research Federation, FR CNRS 3539

[daniel.hissel@univ-fcomte.fr](mailto:daniel.hissel@univ-fcomte.fr)

