

***Électriques, hybrides,
autonomes...
Quelle mobilité pour
demain ?***

Pierre DUYSINX

Groupe d'Ingénierie des Véhicules Terrestres
Département d'Aérospatiale & Mécanique
Université de Liège

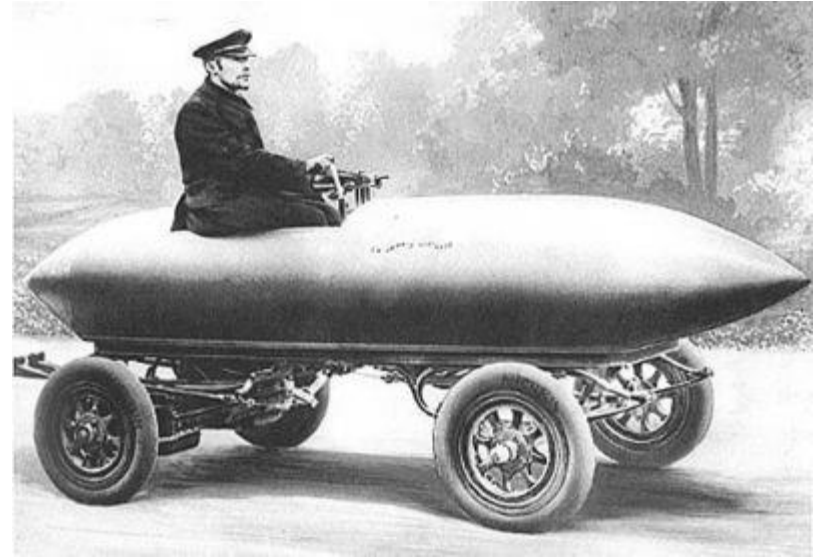
PLAN DE L'EXPOSE

- Industrie automobile: Tendances globales et sectorielles
- Stratégie d'amélioration de l'efficacité des véhicules
- Les technologies pour la réduction de la consommation
 - Amélioration du moteur à combustion interne
 - Le gaz naturel
 - Les véhicules électriques
 - Les véhicules hybrides
 - La pile à combustible
- Conclusions
 - Des solutions variées
 - La voie du future : l'allègement des véhicules
 - Changement des modes de consommation



Wallonie: terre historique des véhicules électriques et hybrides

- En 1899, le vervietois Camille Jenatzy est le premier à passer les 100 km/h avec une **voiture électrique**
- Henri Pieper crée les automobiles pétroléo électriques en 1899 **premières voitures hybrides** combinant une motorisation thermique avec un moteur électrique. La firme de Herstal Auto Mixte produit des véhicules entre 1905 et 1912.



État de la situation et enjeux



LE MONDE EST EN TRAIN DE CHANGER PROFONDEMENT ET RAPIDEMENT

Urbanisation



Individualisation des besoins de mobilité



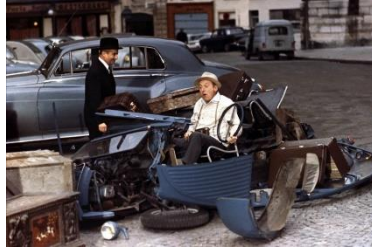
Viellissement population



Changement climatique



Accident



Congestion



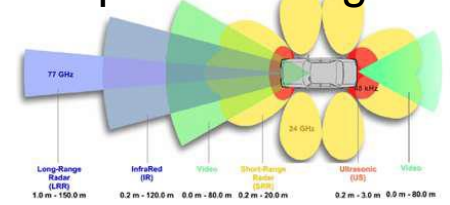
Criminalité



Air pollution



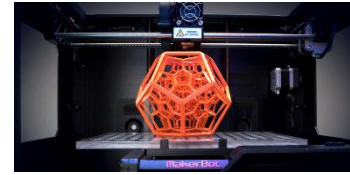
Intelligence Artificielle Capteurs et Big Data



Digitalisation



3D printing



Ressources limitées

Connectivité



Santé & Bien-être



Déchets et recyclage



Prix de l'énergie



TENDANCES GLOBALES

- Facteurs d'accélération des **Technologies** et omniprésence du **Monde Digital** avec une importance grandissante de la **Santé**



PUISSANCE DE LA TECHNOLOGIE

- "Innovation to zero"
- Technologie ambiante
- Robotique et IA
- Miniaturisation
- Impression 3D...

MONDE DIGITAL & EVOLUTION DE CONSOMMATION

- Objets connectés
- Usage plutôt que possession
- Réalité virtuelle et augmentée
- Vers plus de sécurité

SANTE & BIEN ETRE

- Frontière de plus en plus fine entre vivant et non vivant
- Nouveaux problèmes de santé
- Population vieillissante
- Santé, bien-être
- E-santé

TENDANCE DU MONDE AUTOMOBILE

- Focus sur **Efficacité Energétique** et sur l'essor du **Monde Digital** avec un impact sur la **Mobilité**



EFFICACITE ENERGETIQUE

- Réduction des émissions
- Electrification de la propulsion
- Energie renouvelable
- VE comme acteur des smart grids
- Allègement du véhicule
- Recyclage

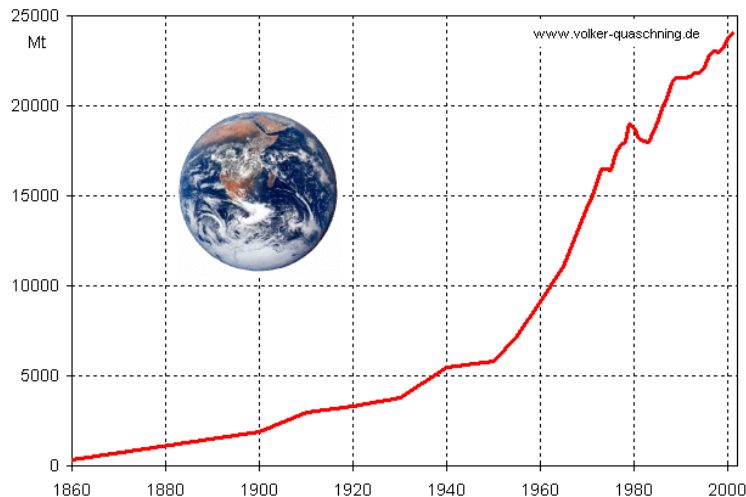
VOITURE CONNECTEE

- Big data
- Sécurité et services virtuels
- Navigation, services géo localisés
- Info divertissement
- Services de mobilité
- Paiement et e-commerce

MOBILITE

- Mobilité multimodale
- Car sharing
- Car pooling
- Véhicules autonomes
- Eco systems intégrés de mobilité
- Zones de basse émission

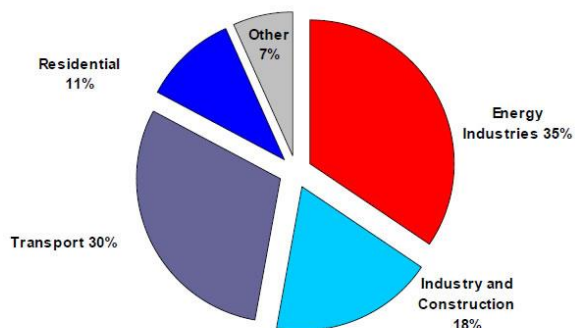
REDUCTION DES EMISSIONS DE CO₂



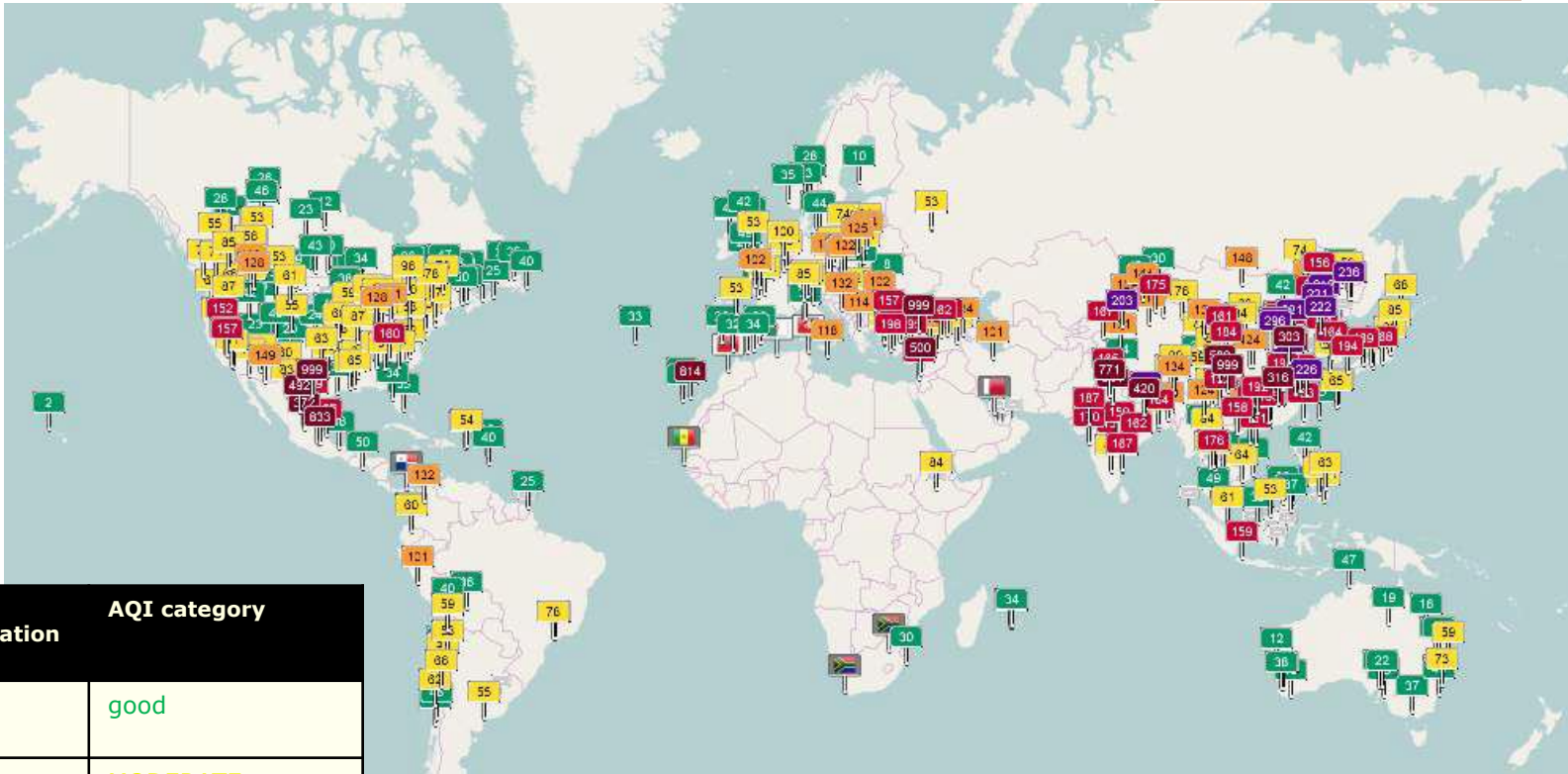
- Réchauffement climatique lié à l'activité humaine et l'usage de combustibles fossiles
- Le transport est un des acteurs majeurs des émissions de CO₂
- Réduction des émissions par 50% d'ici 2030 (ERTRAC):

- Substitution du pétrole par des énergies moins carbonées ou avec un meilleur bilan carbone (analyse du cycle de vie LCA)
- **Améliorer l'efficacité énergétique** de la motorisation
- **Réduction de la masse**, mais antagonisme avec la sécurité et le confort → 6% à 12% de CO₂ pour 10% de masse en moins!

CO2 emissions by sector in 2009



LA POLLUTION DE L'AIR EST ET RESTE UN PROBLEME MONDIAL

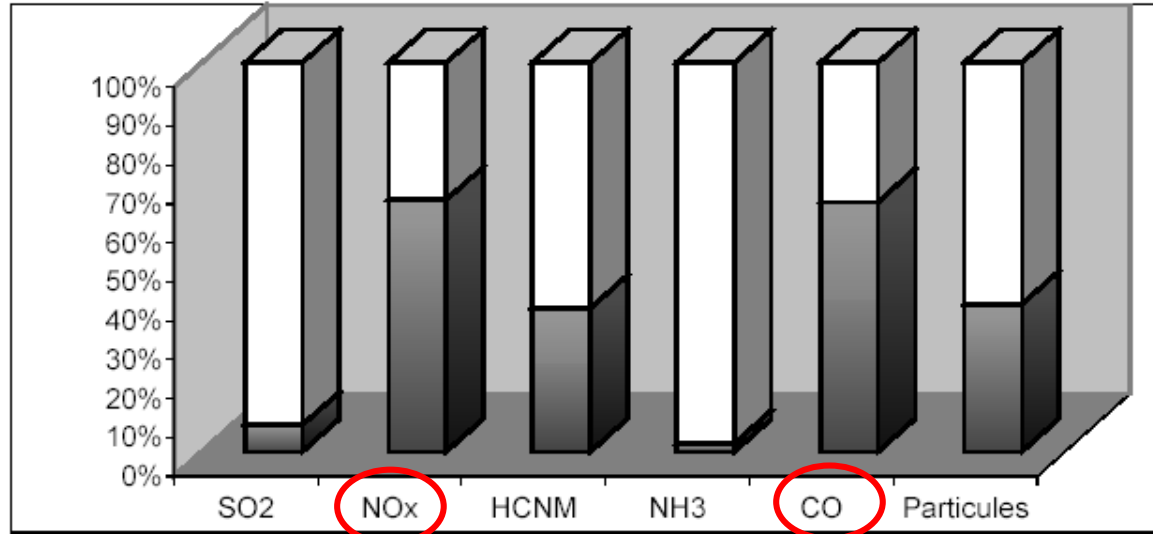


AQI	PM2.5 concentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AQI category
0 to 50	0 to 12	good
51 to 100	12 to 35	MODERATE
101 to 150	35 to 55	UNHEALTHY FOR SENSITIVE GROUPS
151 to 200	55 to 150	UNHEALTHY
201 to 300	150 to 250	VERY UNHEALTHY
300 to 500+	250 to 500	HAZARDOUS

AQI – Thursday 07th Nov., 2016– 09:14 French Time
 Extract from AQICN website - www.aqicn.org

La pollution de l'air est considérée par l'OMS comme "la seule et plus grande menace mondiale pour la santé," avec plus de 3 millions de morts par an.

POLLUTION LOCALISEE DANS LES CENTRES URBAINS

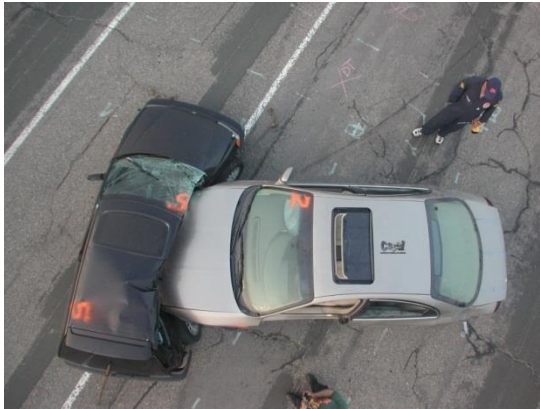


Contribution du secteur du transport dans les émissions globale de polluants de l'UE (2001)

- Le transport contribue principalement aux émissions de NO_x et de CO
- La pollution sonore (bruit) devient également un problème important

ENJEUX DU 21^{ème} SIECLE POUR UNE AUTOMOBILE DURABLE

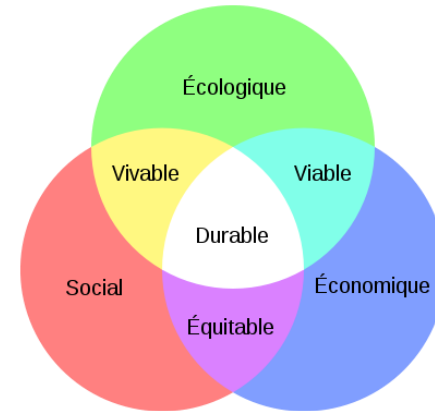
- Forte exposition des Européens aux pollutions locales
 - 80% des Européens vivent dans des villes
- La congestion du réseau
- Sécurité routière



LE DÉFI DE LA MOBILITÉ DURABLE

- Des **systemes de transport efficaces** sont très importants pour la prospérité de la société avec un impact important sur:

- La croissance économique
- La société
- L'environnement



- Contributions essentielles de l'industrie Européenne à la lutte contre le réchauffement climatique et au défi énergétique:

- **Plus grande efficacité énergétique des moteurs**, des véhicules et des systèmes de transport
- Utilisation accrue des **moyens de transport alternatif et collectif**, spécialement en milieu urbain
- Utilisation accrue des possibilités offertes par les **nouvelles technologies ICT (V2I, V2V)**

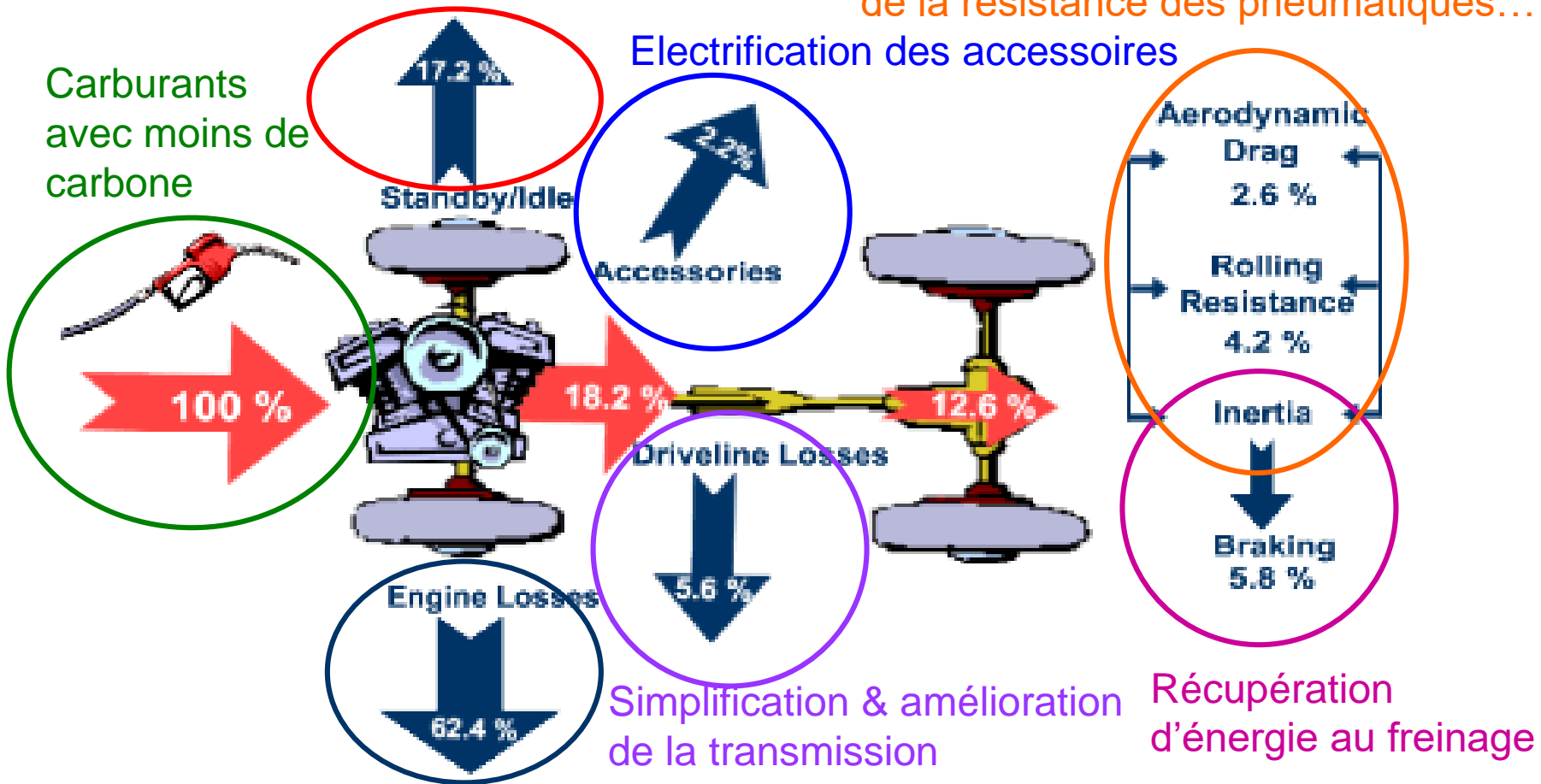
Les stratégies d'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules



AMELIORER L'EFFICACITE ENERGETIQUE DES VEHICULES

Couper le moteur à l'arrêt

Réduction de masse, du S Cx, de la résistance des pneumatiques...



Améliorer le rendement du moteur, downsizing du moteur, réduction des frottements internes

source: www.nrel.org

AMELIORER L'EFFICACITE ENERGETIQUE DES VEHICULES

- Moteurs à combustion interne brûlant des gaz propres
 - Hydrogène (H₂)
 - Gaz naturel (CH₄)

- Voitures électriques
 - Nouvelles générations de stockage de l'électricité: batteries, supercapacités, volant d'inertie...
 - Nouvelles machines électriques

- Véhicules hybrides
 - Véhicules hybrides électriques
 - Véhicules hybrides hydrauliques, pneumatiques...

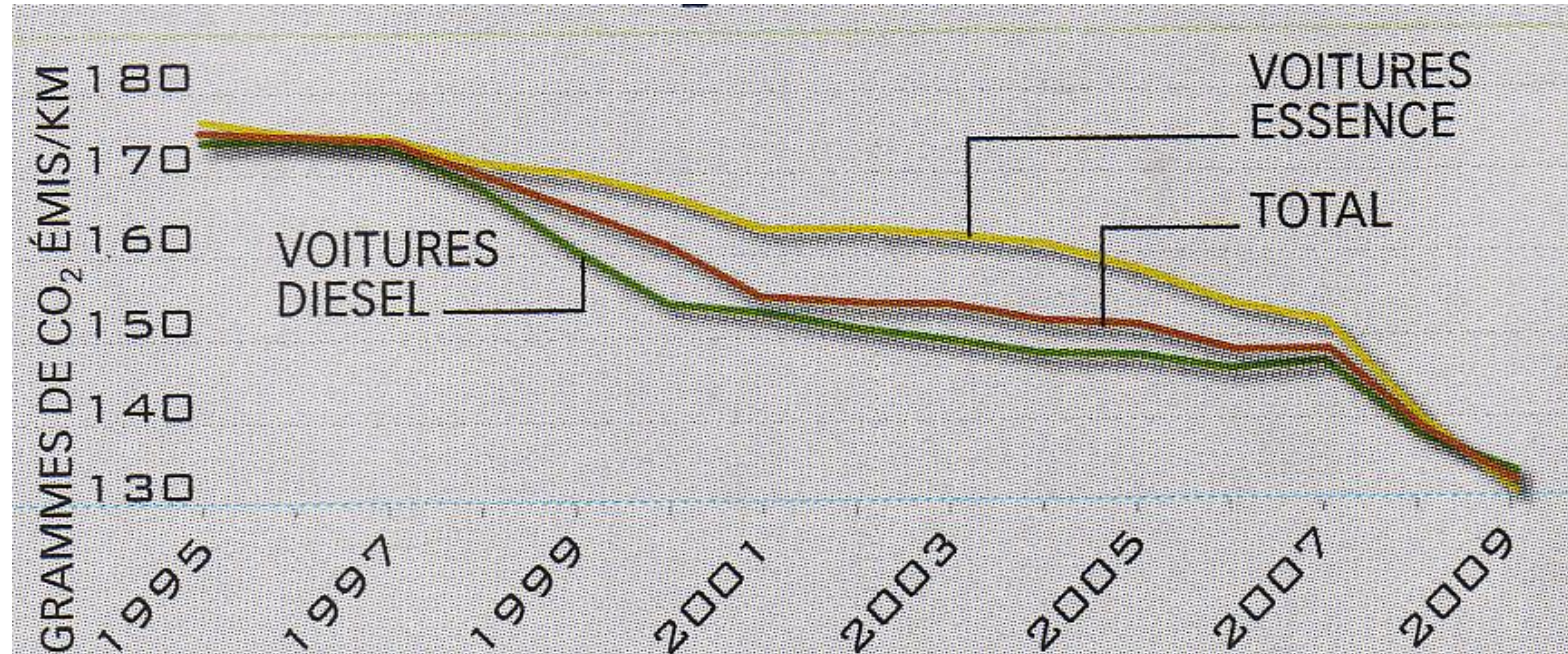
- Les piles à combustibles



L'amélioration du moteur à combustion interne



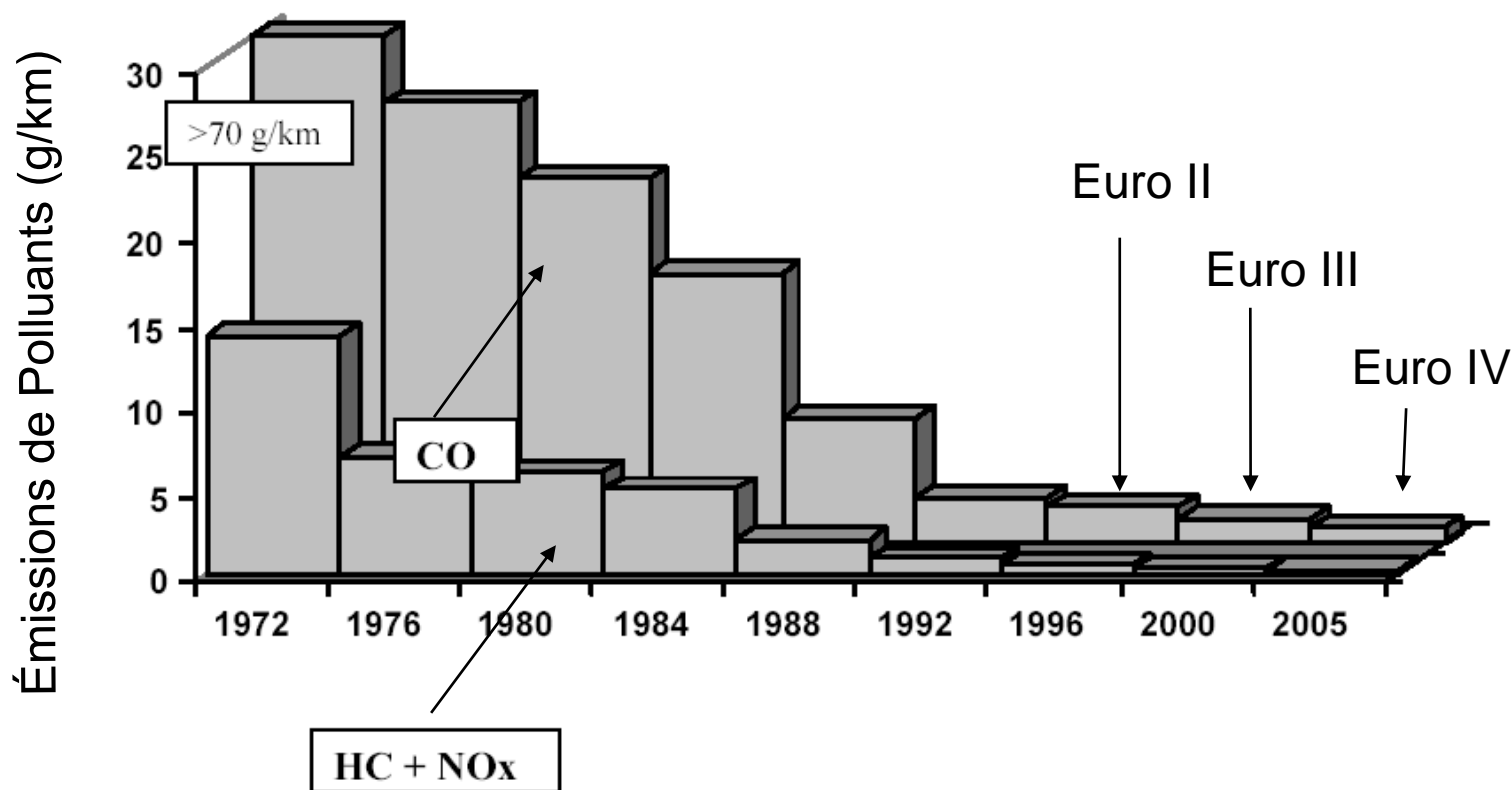
REDUCTION DES EMISSIONS DE CO₂



- En Europe la réduction des émissions de CO₂ a été obtenues grâce à une « **diésélisation** » assez large du parc automobile.



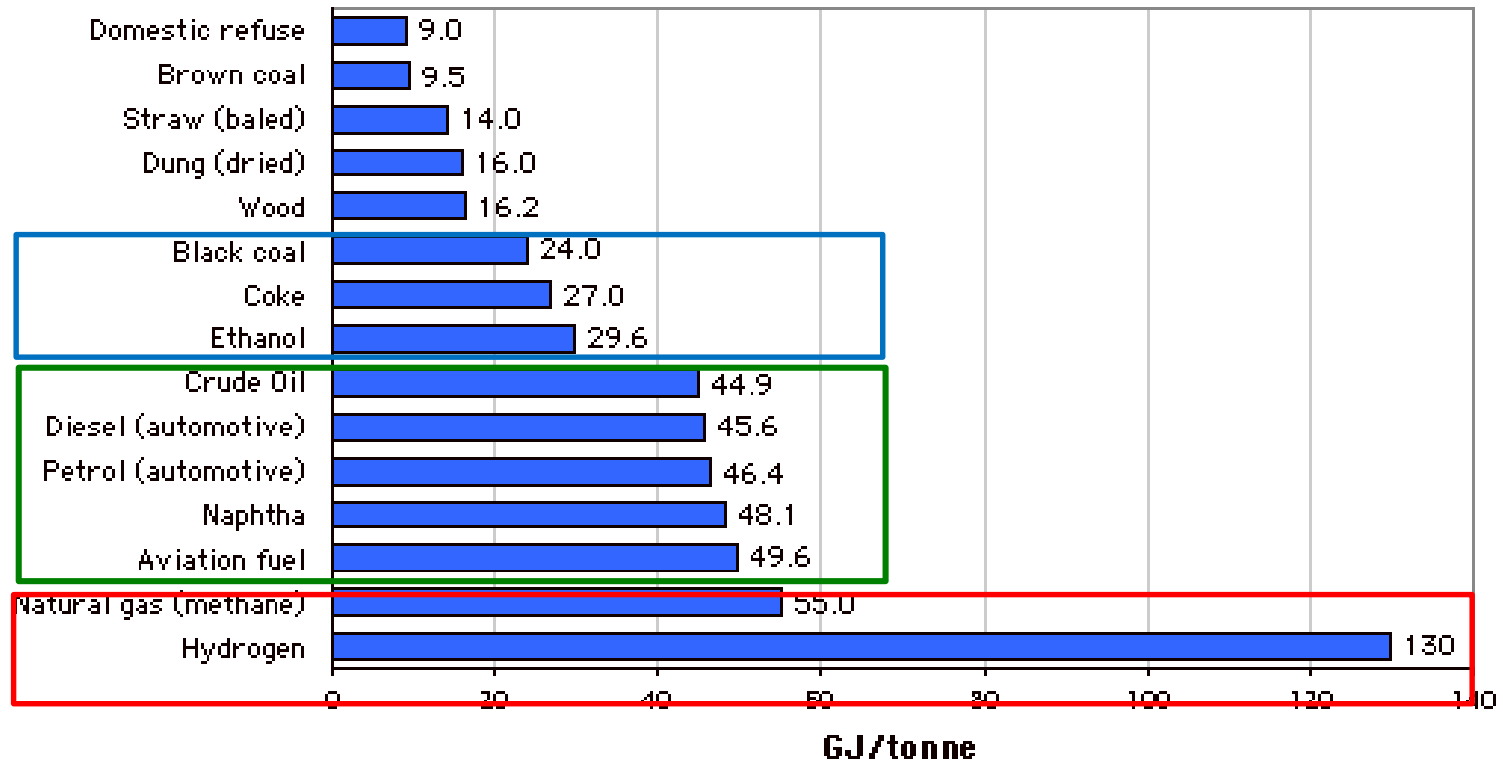
REDUIRE LA POLLUTION LOCALE: LES NORMES



- Réduction des **normes d'émissions** pour les voitures individuelles et les moteurs de poids lourds (EURO x)
- Les émissions de polluants ont été réduites fortement (facteur 10) mais **les émissions de CO₂ continuent d'augmenter!**

CARBURANTS ALTERNATIFS PLUS PROPRES

■ Valeur énergétique des carburants



Moteurs dédiés au gaz naturel

- Le **gaz naturel** est un bon candidat:
 - Adaptation des moteurs assez facile
 - Grandes réserves de gaz naturel
 - Réduction des émissions faibles de CO₂ et de polluants (e.g. PM)

- Objectif: **optimisation du rendement du moteur**: réduction de 5 à 10% des émissions de CO₂ par rapport au moteur diesel

- Souhait de la CE: **substitution progressive** : 2% en 2010, 5% en 2015 et 10% en 2020



Moteurs bi-fuels (ici VW)



Bus roulant au gaz naturel

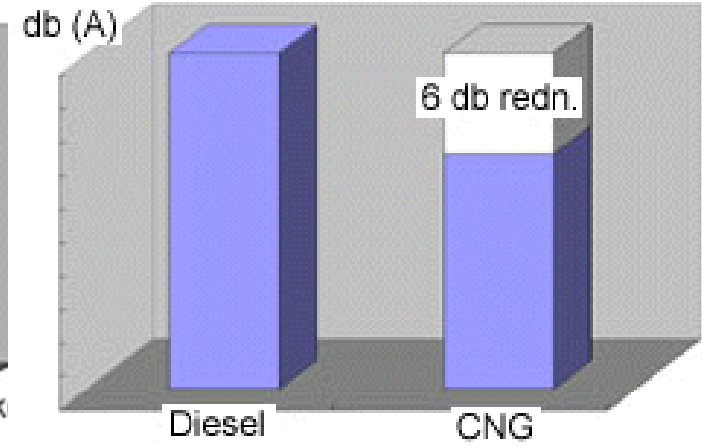
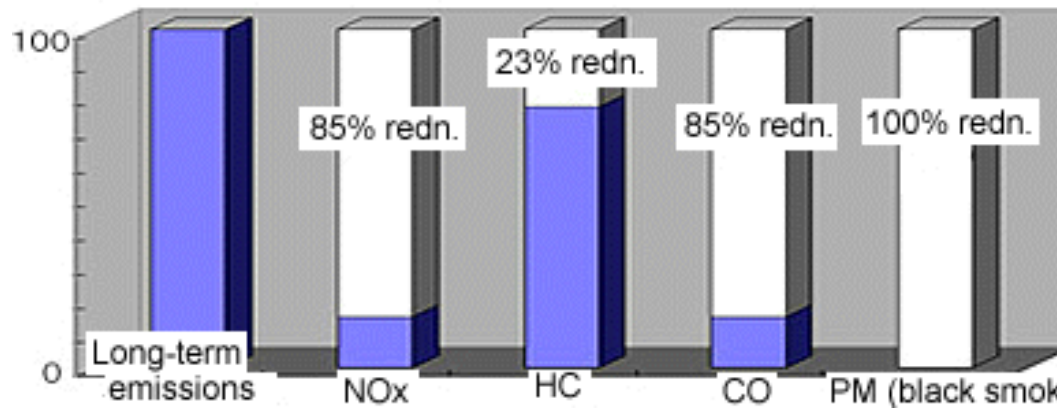
Moteurs dédiés au gaz naturel

■ Le rendement du moteur au CNG permet de réduire les émissions

- Réduction des émissions de CO₂ (-10%)
- Pollution de l'air (PM: -95%)
- Réduction du bruit (-6dB)



IVECO Stralis Cursor 11



GAZ NATUREL: CNG



Energy per storage volume for common fuel

	Density kg/m ³	LHV kJ/kg	Energy MJ/m ³		Volume (for same energy)
Gasoline	750	42 690	32 020		
Diesel fuel	835	42 770	35 710	+11%	× 0.9
Gaseous methane 1013 hPa, 273 K	0.716	50 010	36	- 100%	× 889
Gaseous methane 20 Mpa, 293 K (AGA8)	173	50010	8 652	- 73%	× 3.7

Etude IFP d'un prototype au GN (Tilagone & Venturi, 2004)

Travaux en cours

- Emissions de CH₄ et développement de systèmes de post traitement spécifiques
- Temps de remplissage
- Réseau des stations de remplissage toujours en construction : 68 stations services en Belgique (principalement en Flandre)
- CNG (200/350/800 bar) : Volume par unité d'énergie trop grand
 - ➔ Limitation de l'autonomie :
 - ➔ 300 à 400 km

Moteurs dédiés au gaz naturel

- Questions supplémentaires
 - Choix entre NG compressé (CNG) (@200/350/800 bars) ou liquéfié (LNG) (3 bars @-143°C / 8 bars @-130°C)
 - Analyse du cycle de vie (LCA) global
 - Biogaz au lieu du gaz fossile
 - Développement des questions de sécurité
 - Education et formation du personnel



LNG Gas hose



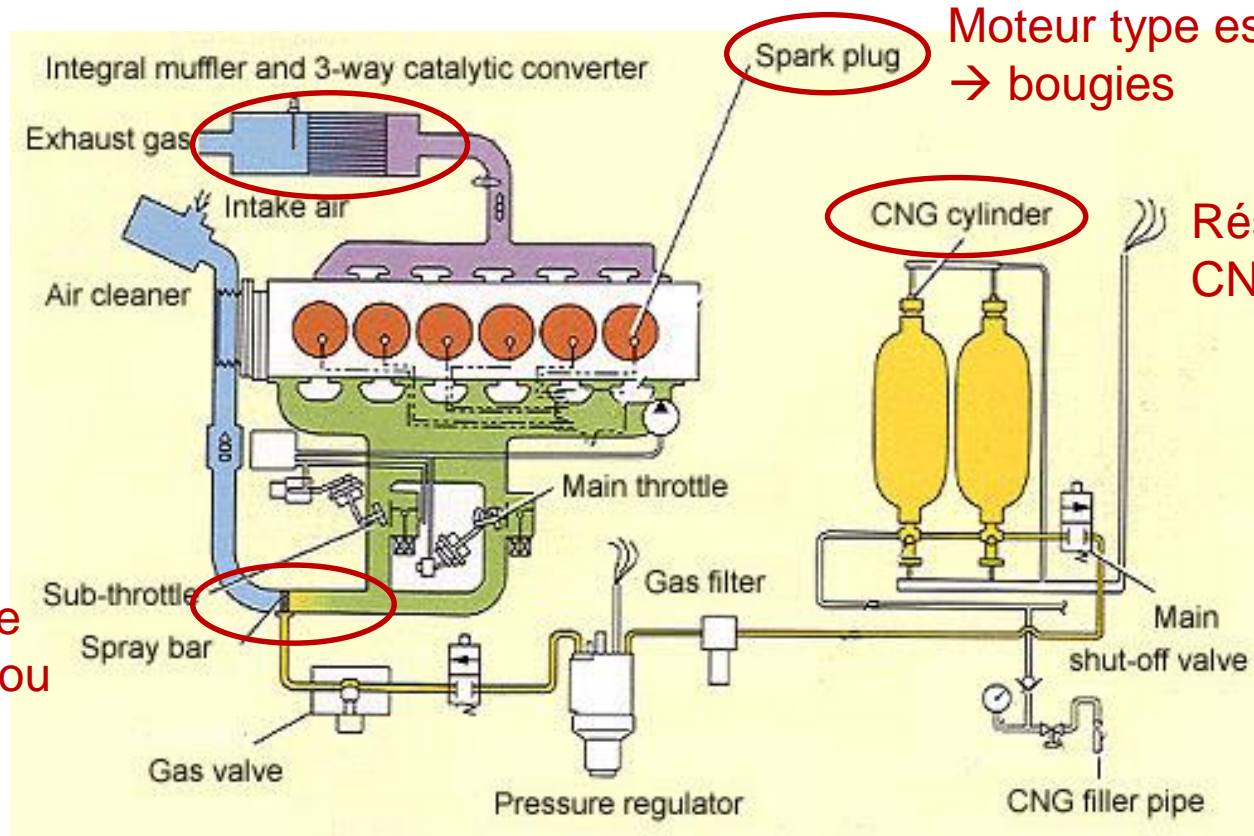
LNG and CNG gas stations

Moteurs dédiés au gaz naturel

■ Moteurs à allumage commandé adaptés au CNG

Pot catalytique pour CH₄

Injection électronique monopoint ou multipoint

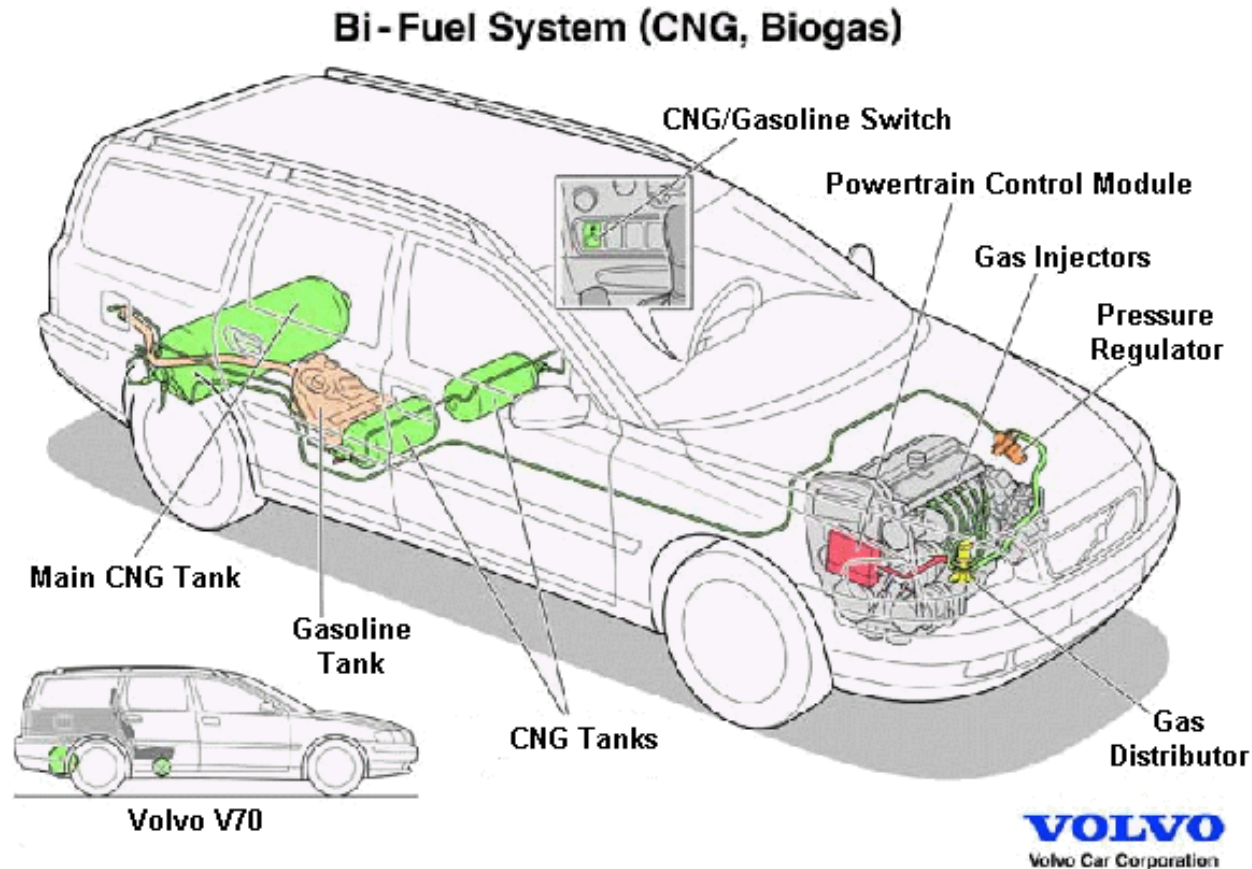


Moteur type essence
→ bougies

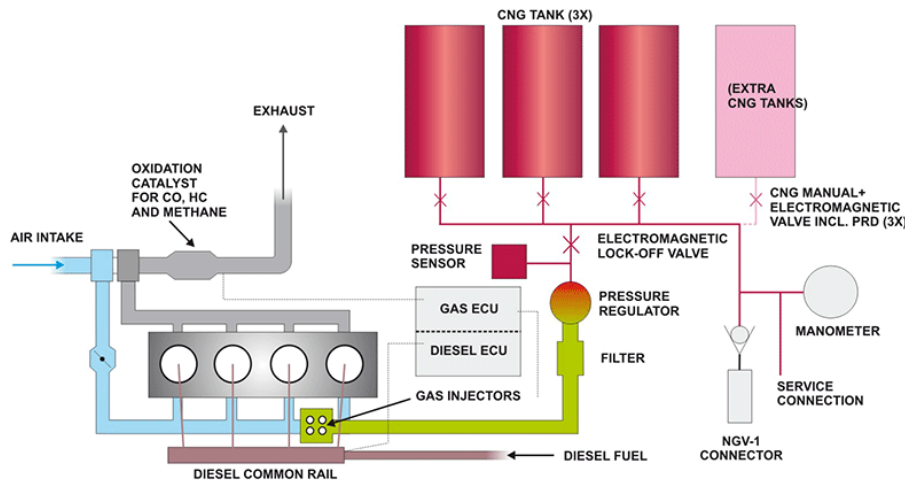
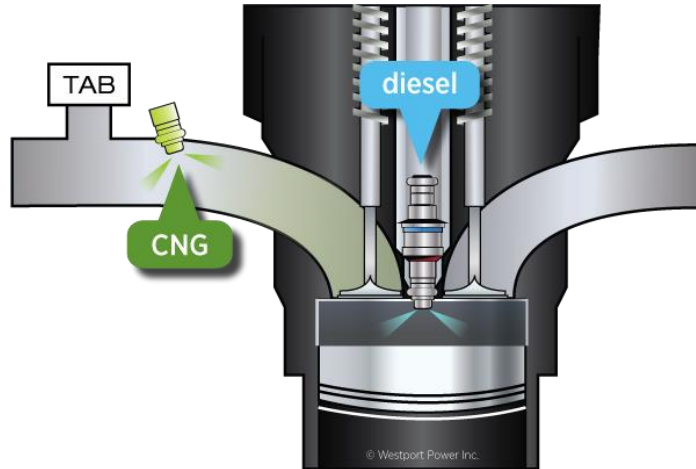
Réservoir CNG

Moteurs dédiés au gaz naturel

- Généralement système bi fuel CNG + essence pour une plus grande flexibilité d'usage

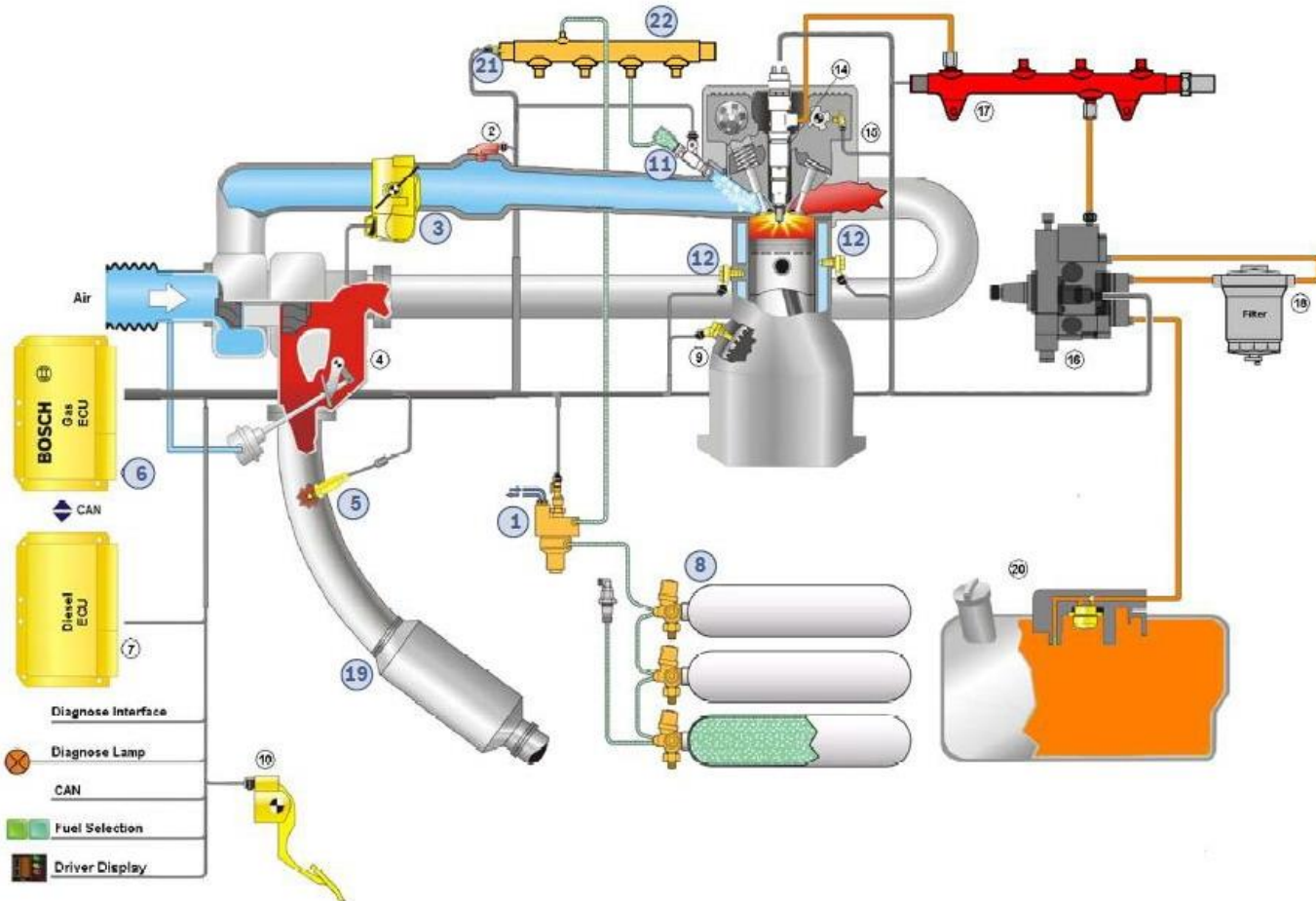


CNG: dual fuel (diesel – CNG)



- Une seconde approche (assez naturelle) pour convertir les moteurs au CNG est le système dual fuel CNG+ Diesel
- CNG est admis avec la charge fraiche au temps 1
- Le CNG est comprimé mais ne s'allume pas
- L'injection pilote de Diesel démarre la combustion du Diesel et du CNG.

CNG: dual fuel (diesel – CNG)



Source: Bosch

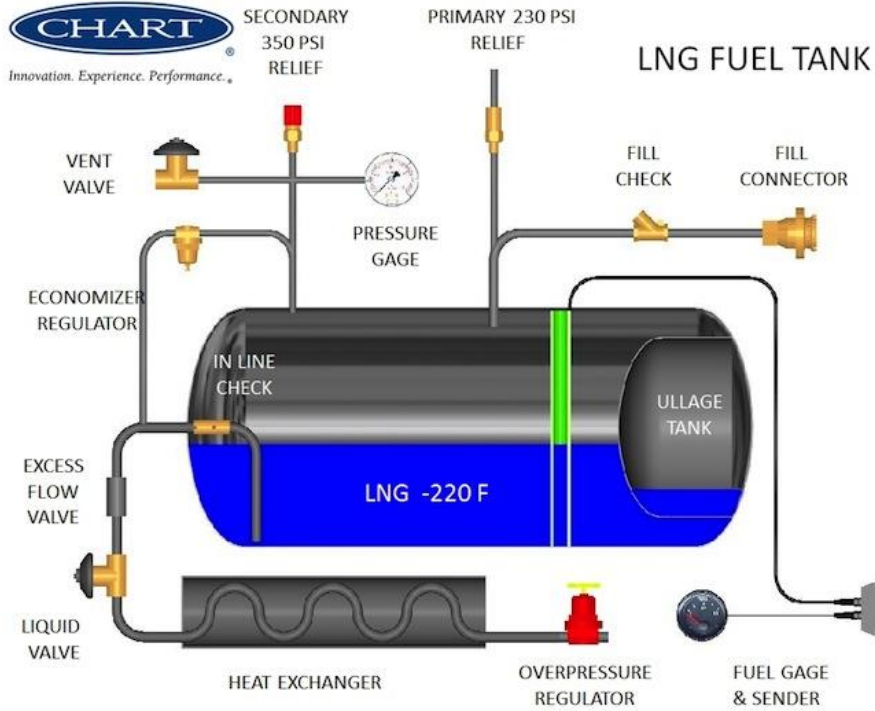
GAZ NATUREL: LNG



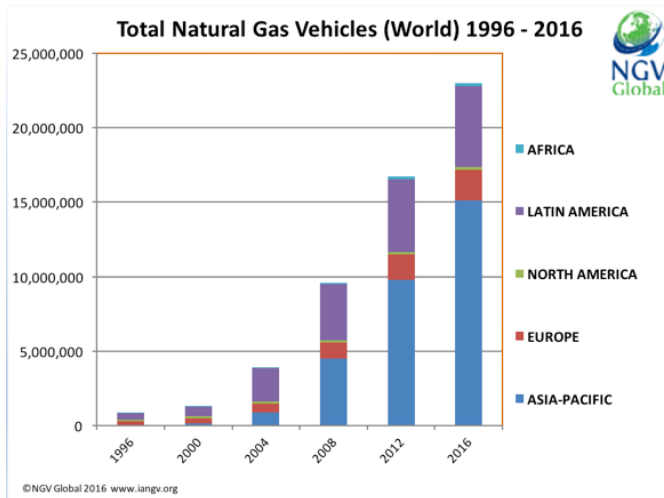
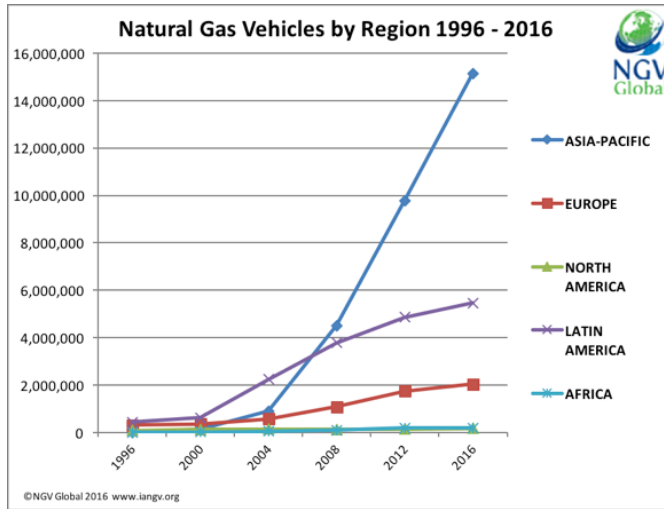
Une solution prometteuse: le gaz naturel liquéfié

- LNG (3 bars @ -143°C / 8 bars @ -130°C): Volume réduit par 2.4 → **Extension de l'autonomie à 700-800 km et au-delà!**
- **Sérieuse alternative au Diesel pour les camions!**
- Difficultés
 - Réseau de stations LNG n'existe pas encore en Belgique
 - Développements technologiques pour les moteurs (e.g. injection du carburant) sont nécessaires

LNG: stockage



GAZ NATUREL: CNG & LNG



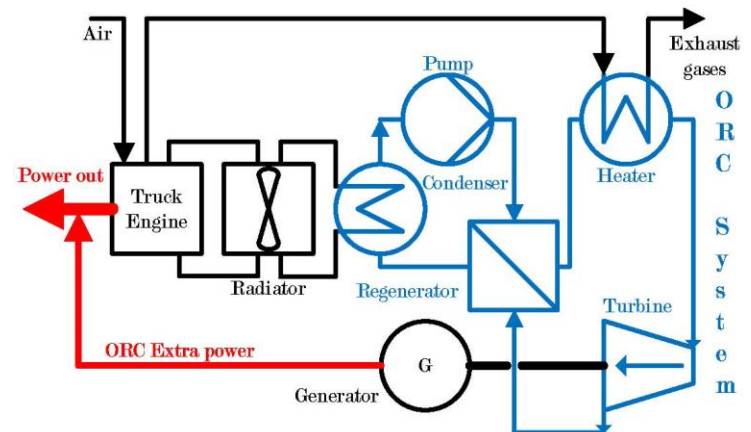
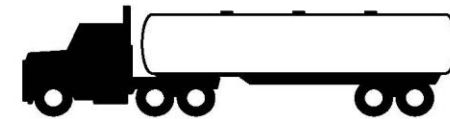
- Forte croissance du CNG en Asie et en Amérique du Sud
- En Europe, croissance emmenée par l'axe Italie, Suisse, Allemagne, Scandinavie
- Mise en place d'un réseau de stations suffisamment dense
- Croissance de l'ordre de 10%
- Source: International Association for Natural Gas Vehicles



AMELIORATION DU TRANSPORT LONG COURRIER

Objectif : réduire les émissions de CO₂ de 10 à 15%

- Aérodynamique
- Moteur à haut rendement:
 - Moteur beltless
 - Gaz naturel
- Récupération de l'énergie des gaz d'échappement
- Systèmes de dépollution
- Aide à la conduite: e-Horizon



Le véhicule électrique



VEHICULE ELECTRIQUE



■ Avantages

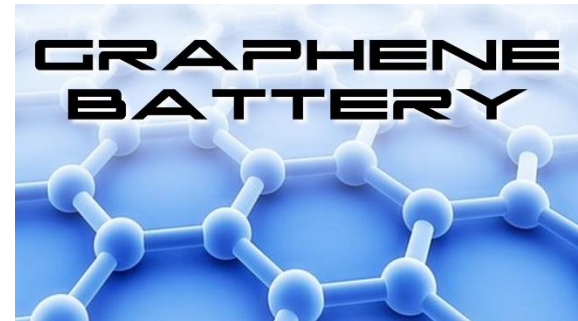
- Bien adaptée à un usage urbain
 - Zéro pollution locale
 - Grand confort de conduite
- Bonne efficacité énergétique
 - Prix de l'énergie plus faible : 20 kWh/100 km

■ Désavantages:

- Nouvelle discipline à acquérir
 - Temps de recharge (1 à 6 heures)
 - Autonomie entre 130 km et 200 km (dépendante des conditions climatiques)
- Véhicules plus petits
- Offre encore limitée

VEHICULE ELECTRIQUE

- **Applications urbaines** sont ciblées
 - Confort de conduit et efficacité
 - Low emission zones (LEZ)
 - Livraisons urbaines, nocturnes
- **Infrastructure de recherche** est en cours de déploiement mais limitée:
 - Infrastructure publique v.s. stations de recharge privée
- **Batteries:** nouveaux développements
 - Sensibilité à la température
 - Recyclage
 - **Batteries au graphène** : +45% de capacité / recharge 12 fois plus rapide...
 - Quand la technologie sera-t-elle disponible?
- **Recherches futures** :
 - Recherche rapide par induction
 - Autoroute électrifiée par Siemens



LES VEHICULES ELECTRIQUES



Renault Twizy, Zéro, Fluence, Kangoo



Nissan Leaf



BMW i3, i8...



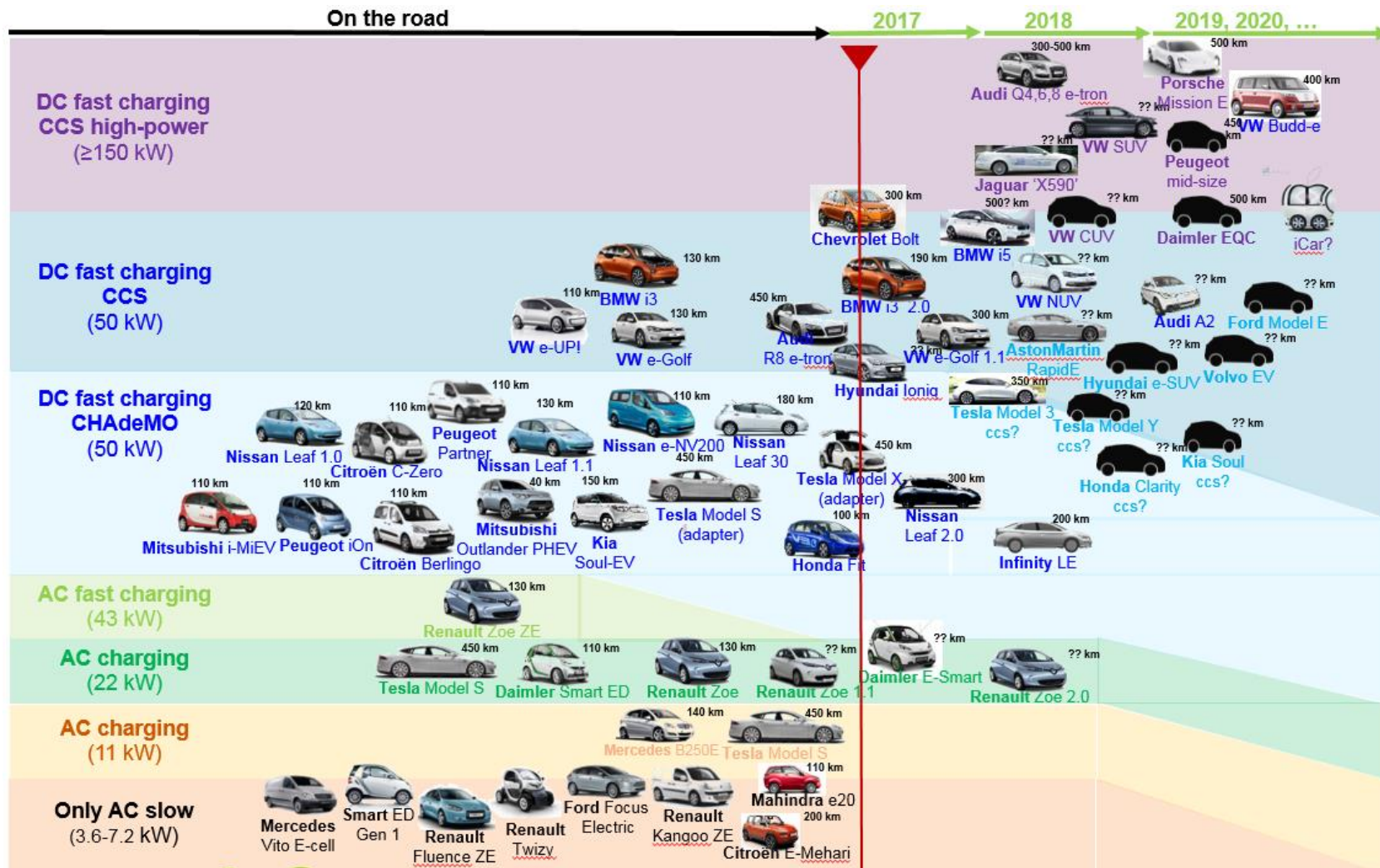
Smart EV



Tesla



LES VEHICULES ELECTRIQUES: SITUATION ACTUELLE



RÉINVENTER LE CONCEPT DE VÉHICULE AVEC LA MOTORISATION ÉLECTRIQUE!

- Evolution vers des plus petits véhicules à vocation urbaine

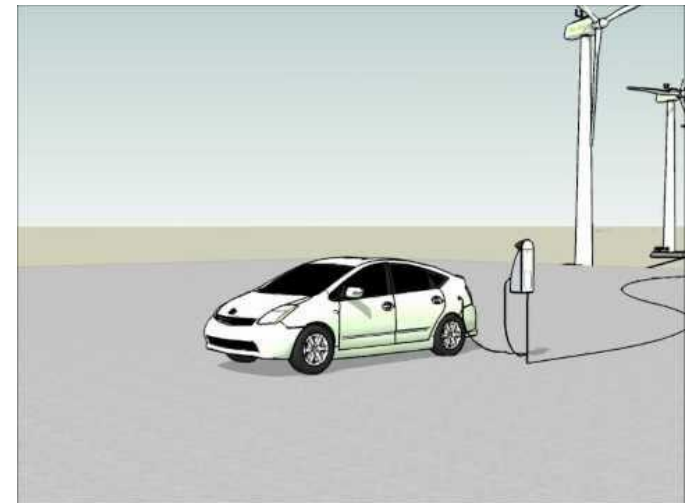
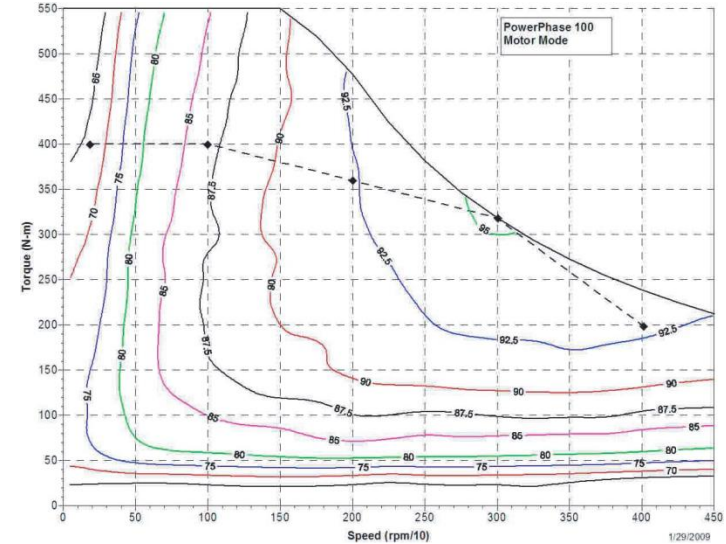


EFFICACITE DES VEHICULES ELECTRIQUES

- Rendement Moteur Electrique: 90%
- Electronique de Puissance: 95%
- Batteries: Charge décharge (Li-ion): 95%
- Total: 81%

- Réseau Electrique: 95%
- Production Combinée: 50%

- Total : 38,5%!



RÉINVENTER LE CONCEPT DE VÉHICULE AVEC LA MOTORISATION ÉLECTRIQUE!

- Avec des moteurs électriques il est possible d'imaginer **mettre un moteur sur chaque degré de liberté (roue ou essieu)** à actionner selon un principe qui est maintenant cher à la mécatronique
- L'idée d'une motorisation électrique permet de **remettre en cause l'existence de plusieurs organes mécaniques**: embrayage, boîte de vitesses, différentiel mécanique...
- L'arrangement des volumes est alors fortement dominé par la position des batteries et pas par celle du moteur.
- On imagine aujourd'hui de nouveaux concepts de mobilité



Evolution des batteries et systèmes de stockages d'énergie

	Spec. En. [Wh/kg]	En. Dens. [Wh / l]	Spec. Pow. [W /kg]	# Cycles [Cycles]	Cost [\$/kWh]
VRLA	30-45	60-90	200-300	400-600	150
Ni-Cd	40-60	80-110	150-350	600-1200	300
Ni-Zn	60-65	120-130	150-300	300	100-300
Ni-MH	60-70	130-170	150-300	600-1200	200-350
Zn-Air	230	269	105	NA	90-120
Al-Air	190-250	190-200	7-16	NA	NA
Na-S	100	150	200	800	250-450
Na-NiCl ₂	86	149	150	1000	230-350
Li-ions	90-130	140-200	250-450	800-1200	>200
USABC	200	300	400	1000	<100

Comparison of HEV batteries by Chan & Chau 2001

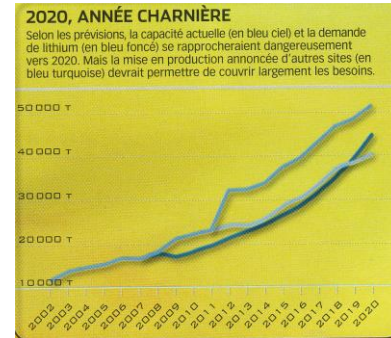


LE PROBLÈME DES BATTERIES

Carburant	Acide Pb	Li-Ions	Essence	Diesel
Energie spécifique du carburant [W.h/kg]	35	120	11.833	11.667
Rendement [%]	80%	80%	12% - 20%	18% - 24%
Energie spécifique à la roue [W.h/kg]	28	96	1420 - 2366	2100 - 2800
Consommation [L/100 km] ou [kWh/100 km]	25kWh/100km	25kWh/100km	8l/100km	6l/100km
Autonomie (pour 100kg)	14 km	48 km	1666 km	2008 km
	Facteur 200!			

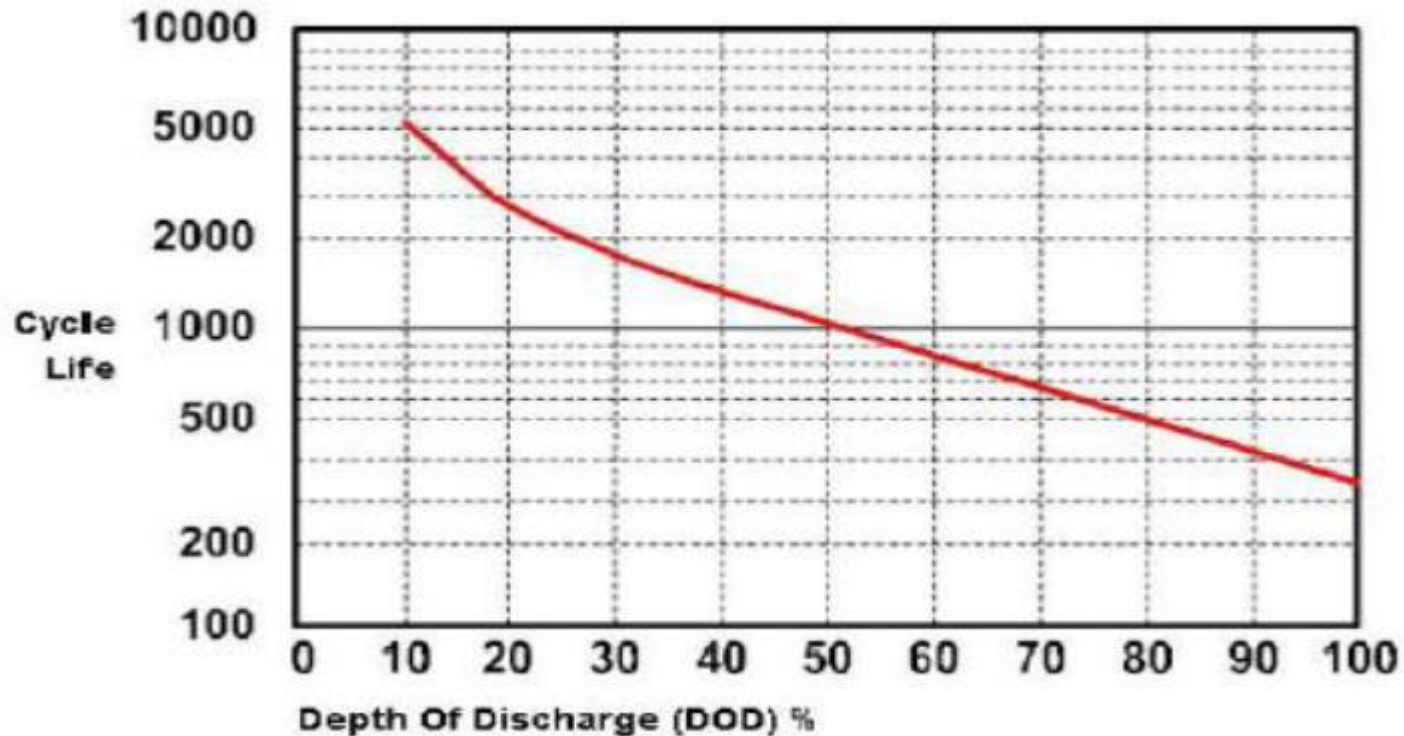
Les 6 défis des batteries

- Améliorer l'autonomie = augmenter l'énergie et la puissance spécifique
- Allonger la durée de vie
- Raccourcir le temps de recharge
- Rendre les batteries plus sûres et fiables
- Abaisser le coût et économiser les matériaux
- Organiser le recyclage



Effet de la profondeur de décharge

- Les décharges profondes endommagent les batteries et diminuent significativement la durée de vie

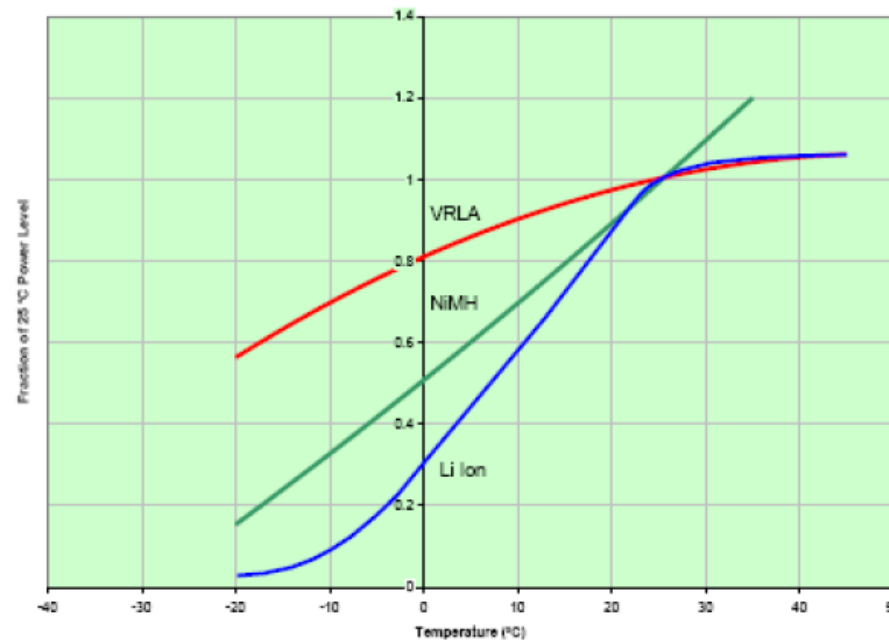


L. Serraro, Z. Chehab, Y. Guezennec and G. Rizzoni, *An Aging Model for Ni-MH Batteries for Hybrid Electric Vehicles*, IEEE VTS Vehicle Power and Propulsion Conference, July, 2005.



Effet de la température

- En condition de froid sévère, le véhicule électrique peut perdre jusqu'à 50% de sa puissance

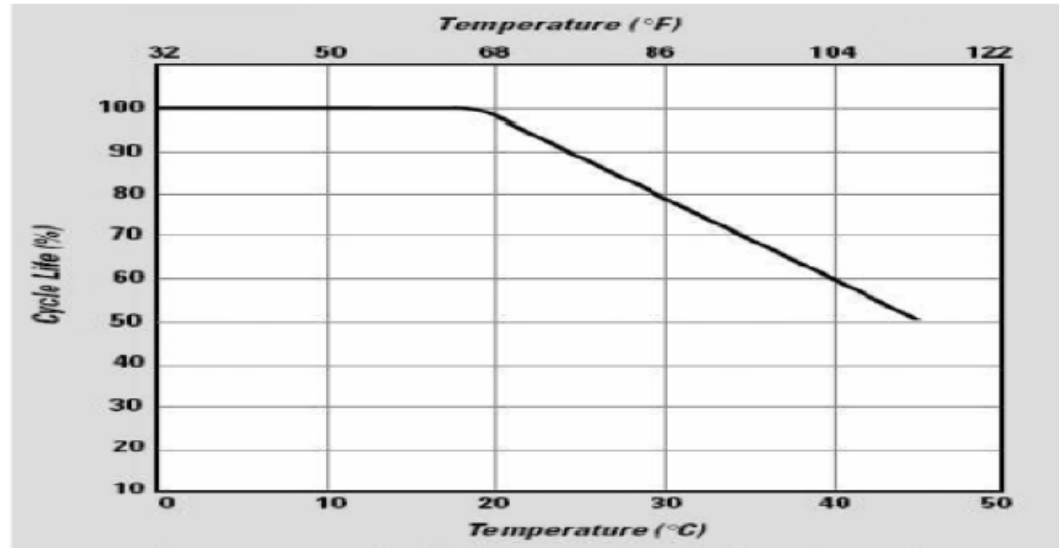


Puissance en fonction de la température d'après Steven Vance, Parallel-Cell Connection in Lithium-Ion Battery, Kettering University Senior Thesis, 12/08



Effet de la température

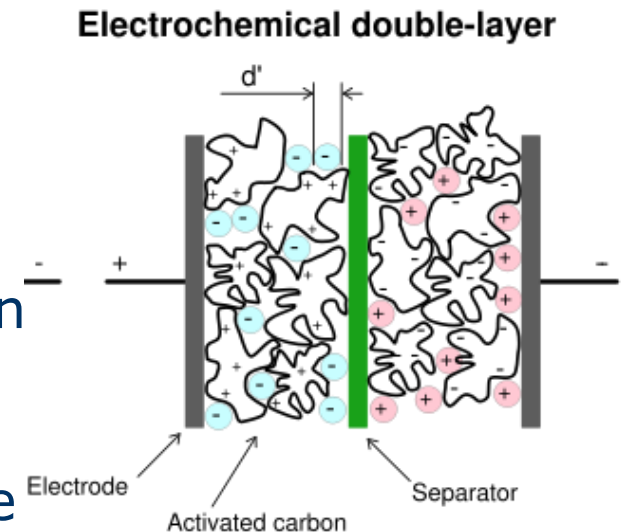
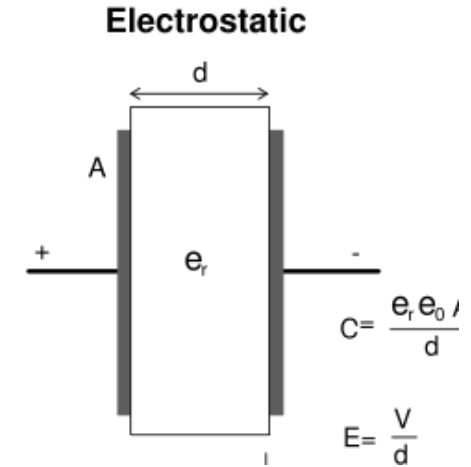
- La batterie doit être finement régulée en température. Un fonctionnement à haute température dégrade fortement la durée de vie



L. Serraro, Z. Chehab, Y. Guezennec and G. Rizzoni, An Aging Model for Ni-MH Batteries for Hybrid Electric Vehicles, IEEE VTS Vehicle Power and Propulsion Conference, July, 2005.

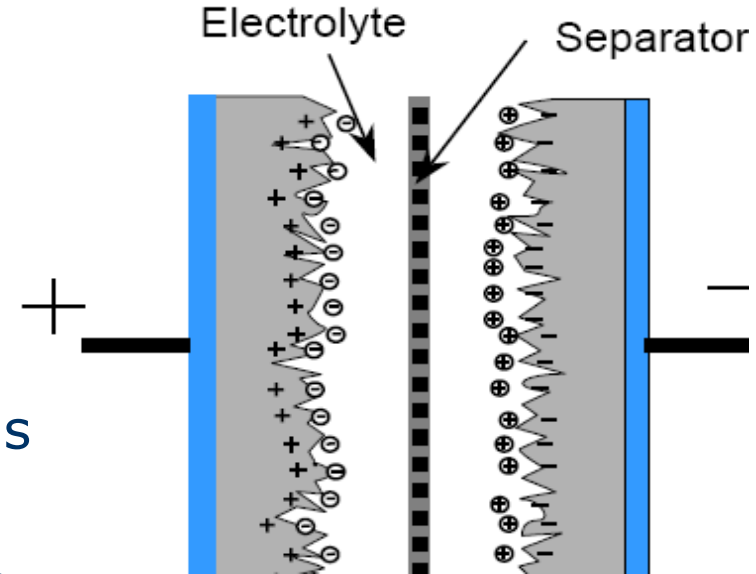
Supercapacité

- Condensateur
 - = Condensateur électrostatique
 - Composant essentiel en électronique
 - Capacité \sim pF to μ F
- Super capacité à Double Couche Électrolytique (EDLC) or ultra / supercapacitors
 - Capacité \sim F – kF
 - Principe: double couche électrolytique de Helmotz
 - Très hautes capacités obtenue en minimisant la distance entre porteurs de charge et en maximisant la surface d'interface



Supercapacité

- Double couche électrochimique à l'interface électrolyte - électrodes
- Électrodes poreuses (charbon actif): surface de contact électrolyte - électrodes (A) plus élevée (3000m²/g)
- Distance d très courte entre les charges opposées dans chaque couche (de l'ordre de 0,3 à 0,5 nanomètres)
- Mais tension de cellule assez faible: 1 à 2.5V

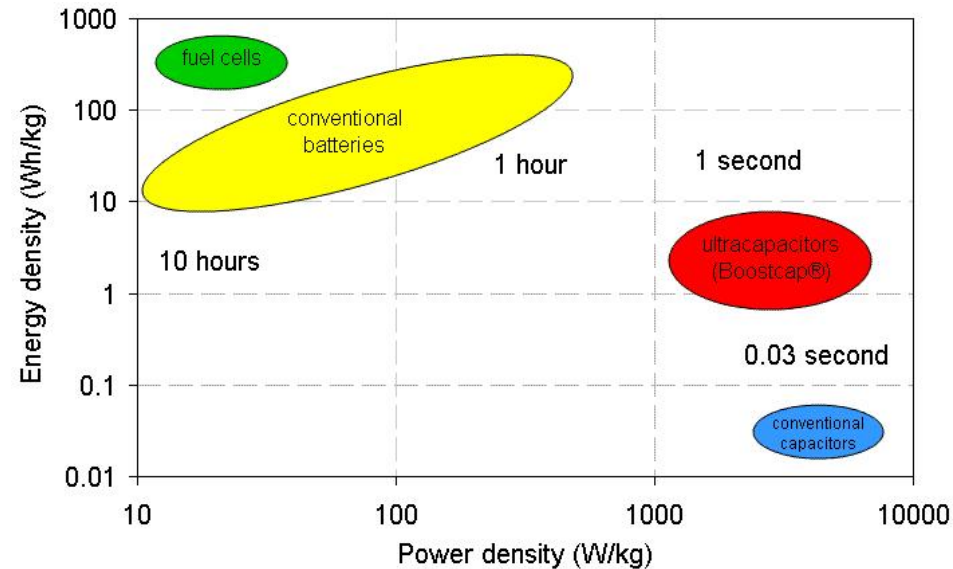


$$C = \frac{\epsilon_r A}{d}$$

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

Supercapacité

- Les supercapacités se distinguent des autres classes de systèmes de stockage d'énergie comme les batteries

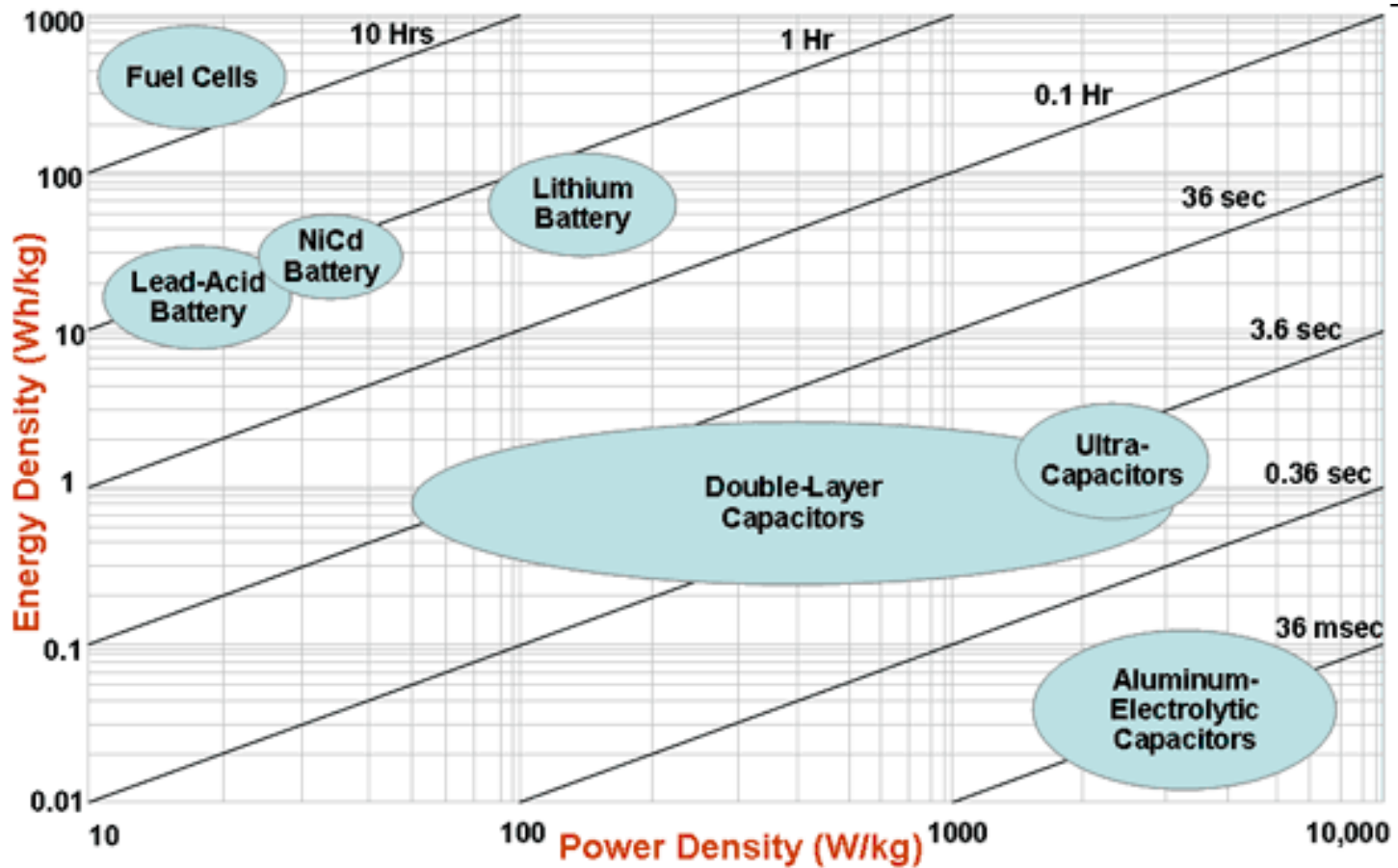


■ Supercapacités

- Absorption/restitution d'énergie à très grande vitesse: **Densité de puissance** $\sim 1-10$ kW/kg
- Moins bonne densité d'énergie (< 10 Wh/kg)
- Grand courant de charge / décharge : 1000 A
- **Grande durée de vie:** $> 100 \cdot 10^3$ cycles de charge décharge
- Meilleures performances de recyclage



Batteries – Diagramme de Ragone



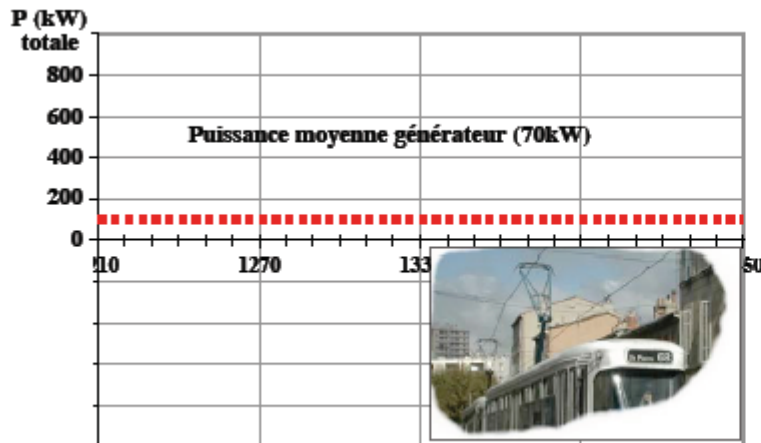
Source US Defence Logistics Agency



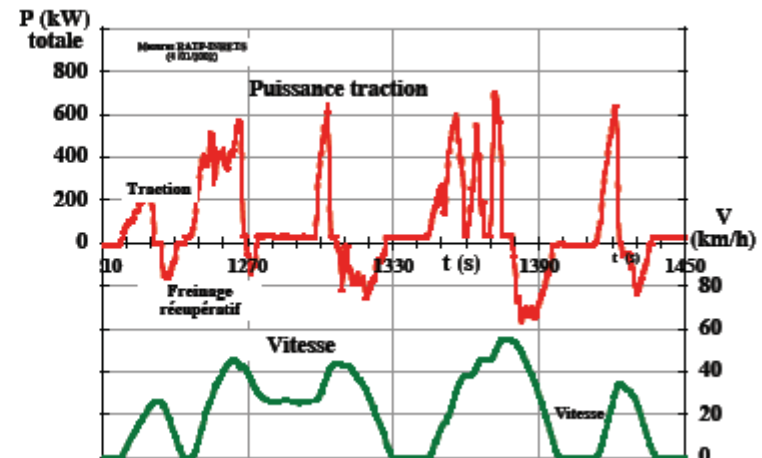
LE VEHICULE HYBRIDE

AMELIORER L'EFFICACITE ENERGETIQUE DES VEHICULES

- Difficulté majeure des systèmes de propulsion : La très grande variabilité des conditions de fonctionnement (puissance, couple, régime)
 - Objectif: dimensionner au plus près des besoins moyens de puissance!
 - Approche : stocker l'énergie → Batteries
 - Récupérer l'énergie : deux systèmes de conversions



Source G. Coquery, INRETS

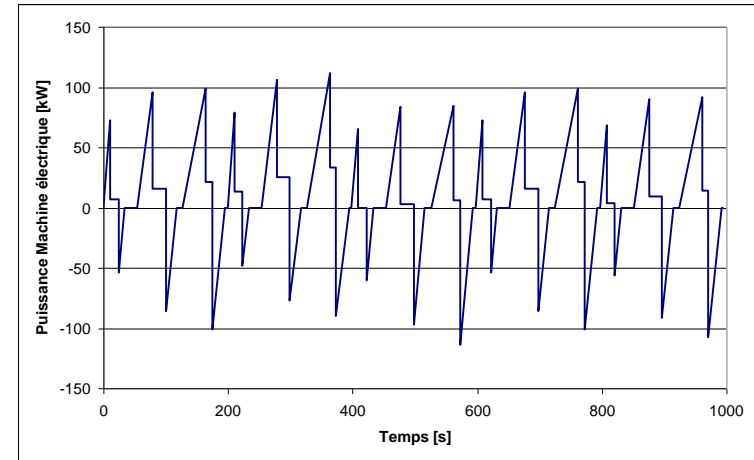


- Véhicule hybride: combine deux sources d'énergie, de stockage et de conversion

Hybrides: comment ça marche?

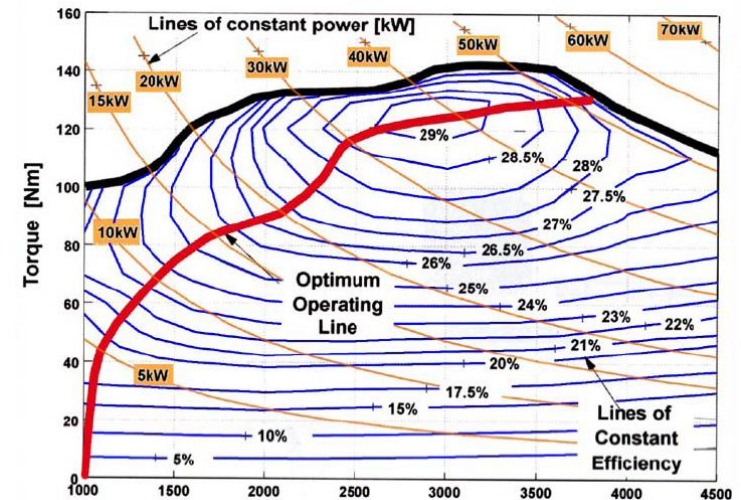
■ SYSTÈME ÉLECTRIQUE

- Récupérer (partiellement) l'énergie du freinage
- **Stockage dans l'accumulateur**
 - ➔ Lissage des pics de puissance
 - ➔ Réduction taille du moteur
- Prend en charge les phases les plus défavorables de fonctionnement



■ MOTEUR THERMIQUE

- Réduction de cylindrée en préservant le couple
- Fonctionnement **dans sa meilleure plage de rendement** et de moindres émissions
- Augmentation de l'autonomie



VEHICULES HYBRIDES ELECTRIQUES



Toyota Prius



Golf GTE



Volvo XC60

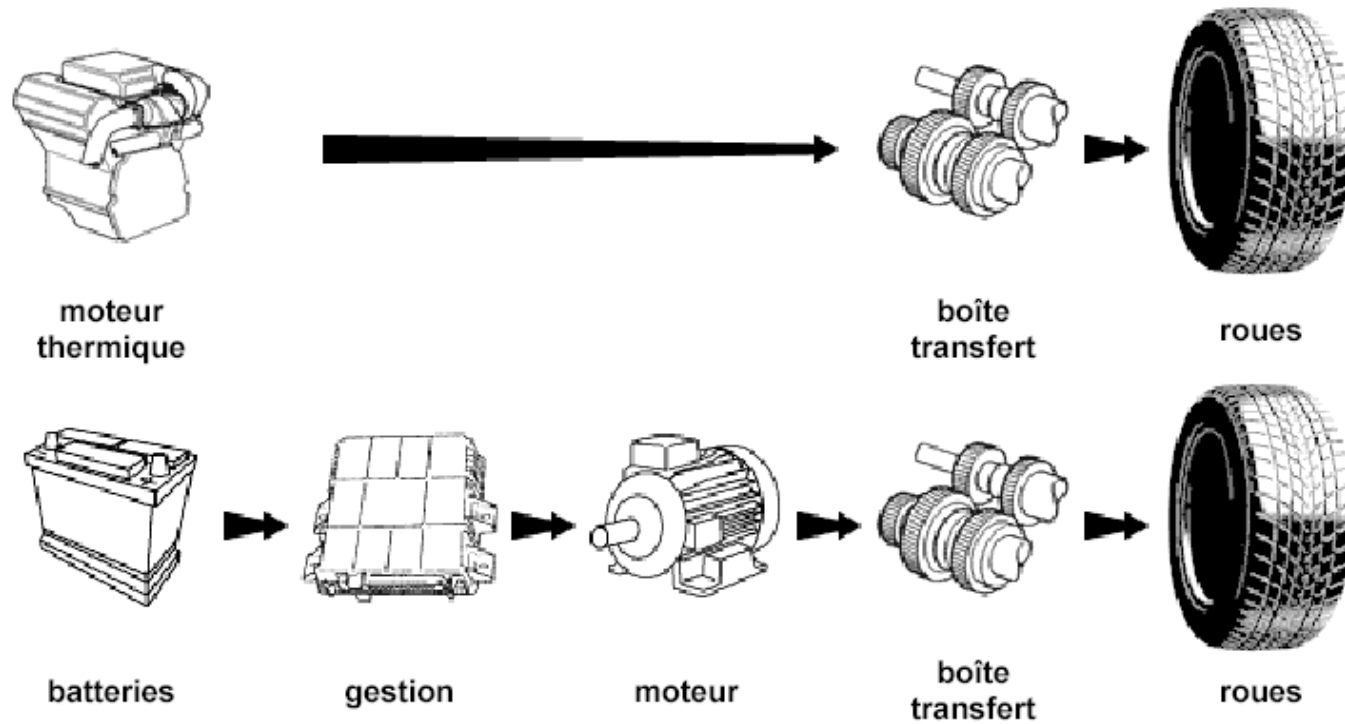


Hyundai Ioniq

- Le succès commercial est en train de venir (e.g. Toyota Prius II, Honda Insight, Lexus RX400h, Chevrolet VOLT, VW GTE...)

CHAÎNES DE TRACTION ÉLECTRIQUE HYBRIDE

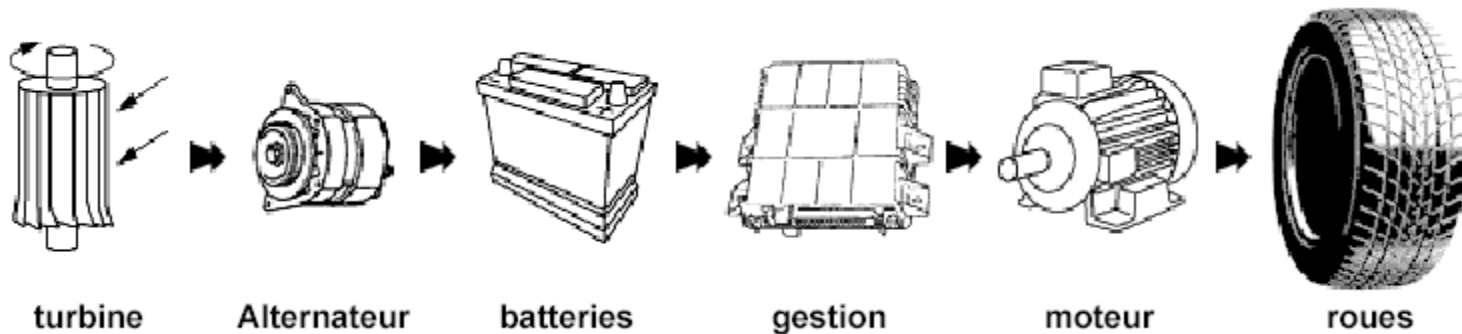
- TRACTION BI-MODE ou HYBRIDE PARALLELE
 - La traction thermique est utilisée hors des villes tandis que la traction électrique s'utilise en ville



CHAÎNES DE TRACTION ÉLECTRIQUE HYBRIDE

■ TRACTION HYBRIDE SERIE

- Le moteur thermique (à piston ou turbine à gaz) entraîne un groupe électrogène qui recharge en permanence un groupe de batteries.
- Les batteries débitent sur un moteur électrique de traction

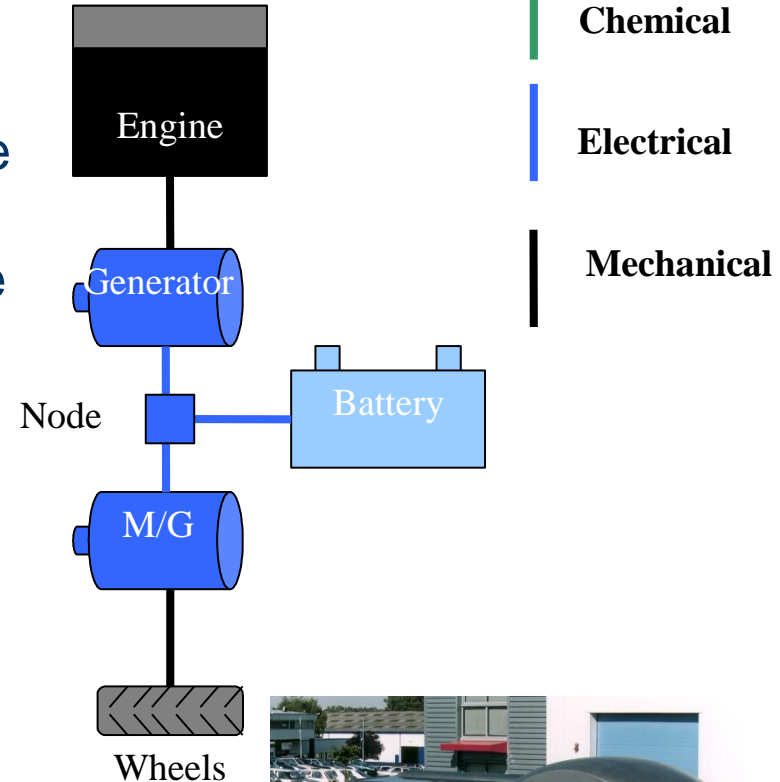


VEHICULES HYBRIDES ELECTRIQUES SERIE

■ Taux d'hybridation (%) :

$$T_s = P_{APU} / P_e,$$

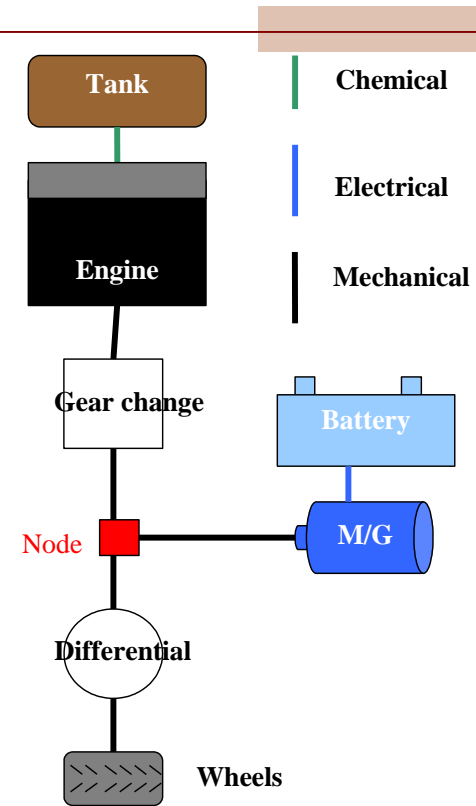
- P_{APU} : puis. max source primaire (moteur à piston)
- P_e : puis. max moteur électrique
- ZEV (km) possible sur de courte distance
- Charge des batteries
 - Freinage régénératif (machine électrique \Rightarrow génératrice)
 - Si utilisation de la génératrice seulement : **charge sustaining**
 - Si recharge possible avec le réseau électrique aussi : **charge depleting / plug in hybrids**
- Extension possible aux piles à combustible



Gruau MicroBus₅₆

VEHICULES HYBRIDES ELECTRIQUES PARALLELE

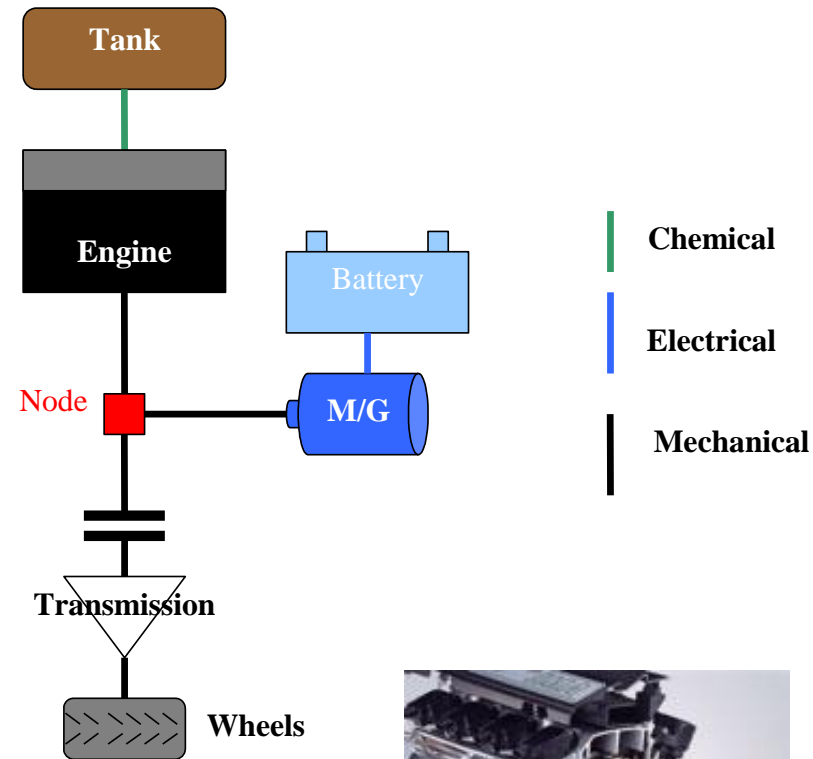
- Taux d'hybridation (%) :
 - $T_p = P_e / (P_e + P_t)$,
 - P_t : puis. max moteur
 - P_e : puis. max mot. électrique
 - Micro < mild < full
- Mode ZEV (km) est possible en zone urbaine
- Pour rencontrer les pics de puissance, l'opération simultanée des 2 moteurs est possible (mode parallèle)
- Transition entre modes et gestion de l'énergie complexes
- Charge sustaining / depleting



VW Lupo hybride
Green Propulsion
60 g CO₂/km

VEHICULES HYBRIDES ELECTRIQUES « DOUX »

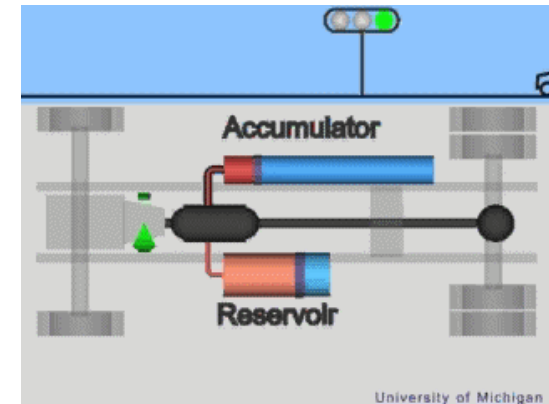
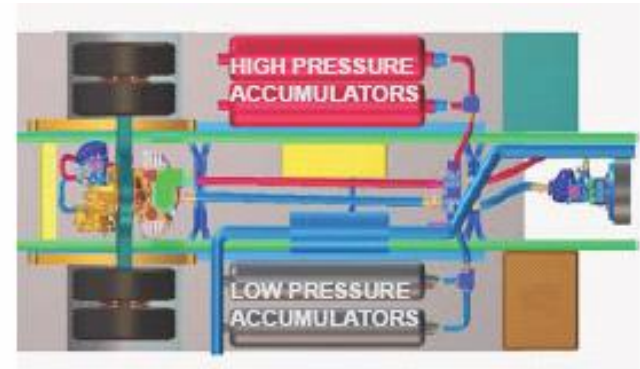
- Architecture « douce »
 - Petites machines électriques (~10 kW)
 - Fonction Stop & start
 - Faible capacité de freinage régénératif
 - Assistance pour la source principale
- Remplace le volant d'inertie moteur, le démarreur et l'alternateur
- PAS de mode électrique pur significatif



Honda Insight

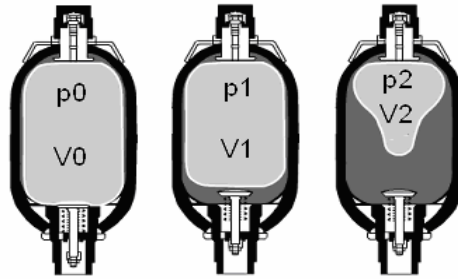
VEHICULES HYBRIDES HYDRAULIQUES

- Autre stockage énergie: hydraulique
- Faible énergie spécifique:
 - hybride doux
 - assistance
- Forte densité de puissance
 - Adapté aux véhicules lourds
 - Aux véhicules urbains avec arrêts fréquents et accélérations intensives
- Nouveaux développements de moteurs pompes, d'accumulateurs hydrauliques peu coûteux

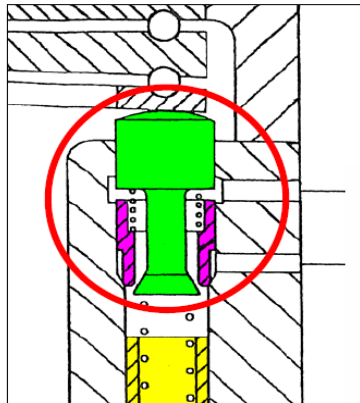
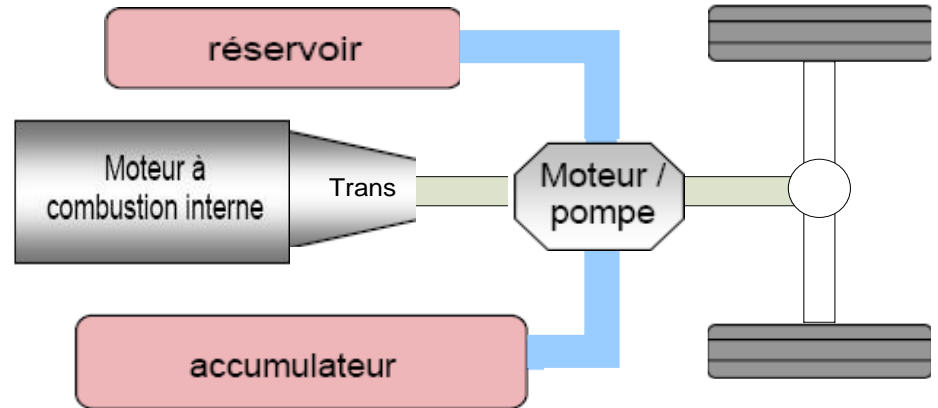


Smart Truck

VEHICULES HYBRIDES HYDRAULIQUES

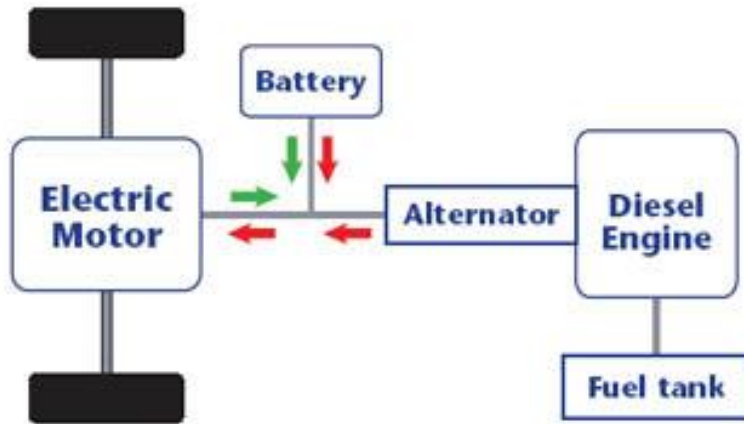


Accumulateur à vessies



Moteur pompe réversible à haut rendement

EFFICACITE DES VEHICULES HEV SERIE

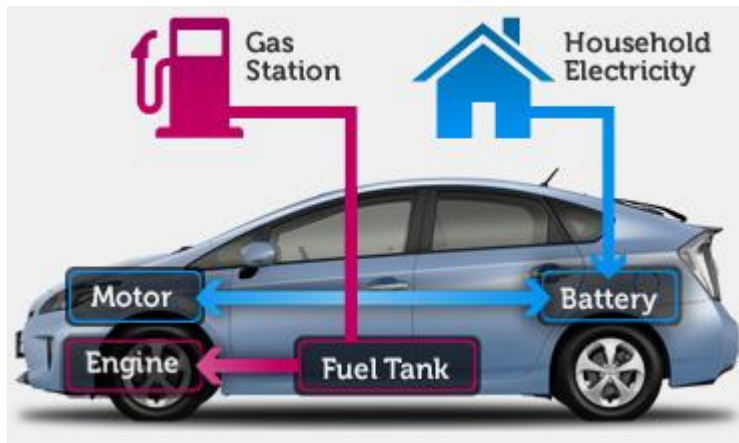
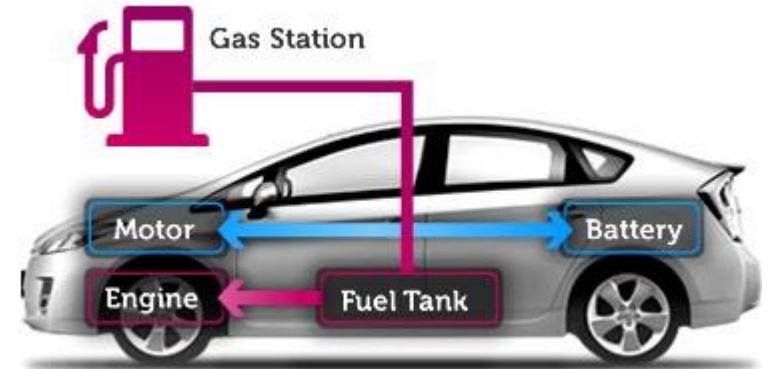


- Rendement Optimal MCI: 40%
- Rendement Génératrice: 95%
- Batteries: Charge décharge (Li-ion): 95%
- Moteur électrique et son électronique de Puissance: 95%
- Rendement Transmission: 96%
- Total: 33%

VEHICULES HYBRIDES ELECTRIQUES : CHARGE SUSTAINING VS PLUG-IN

■ Charge sustaining:

- L'énergie est produite totalement à bord par le moteur seul.
- Adaptation facile des utilisateurs
- Amélioration limitée de l'efficacité énergétique
- Dépendance au pétrole



Source: Toyota

■ Plug-in hybrid:

- L'énergie est produite soit à bord et dans l'énergie du réseau électrique → accès aux sources renouvelables
- Autonomie prolongée et performance basse émission
- Consommation d'énergie en: l/100km et kWh/100km

PLUG-IN HYBRIDS



Opel Ampera



Toyota Prius Plug-in hybrid



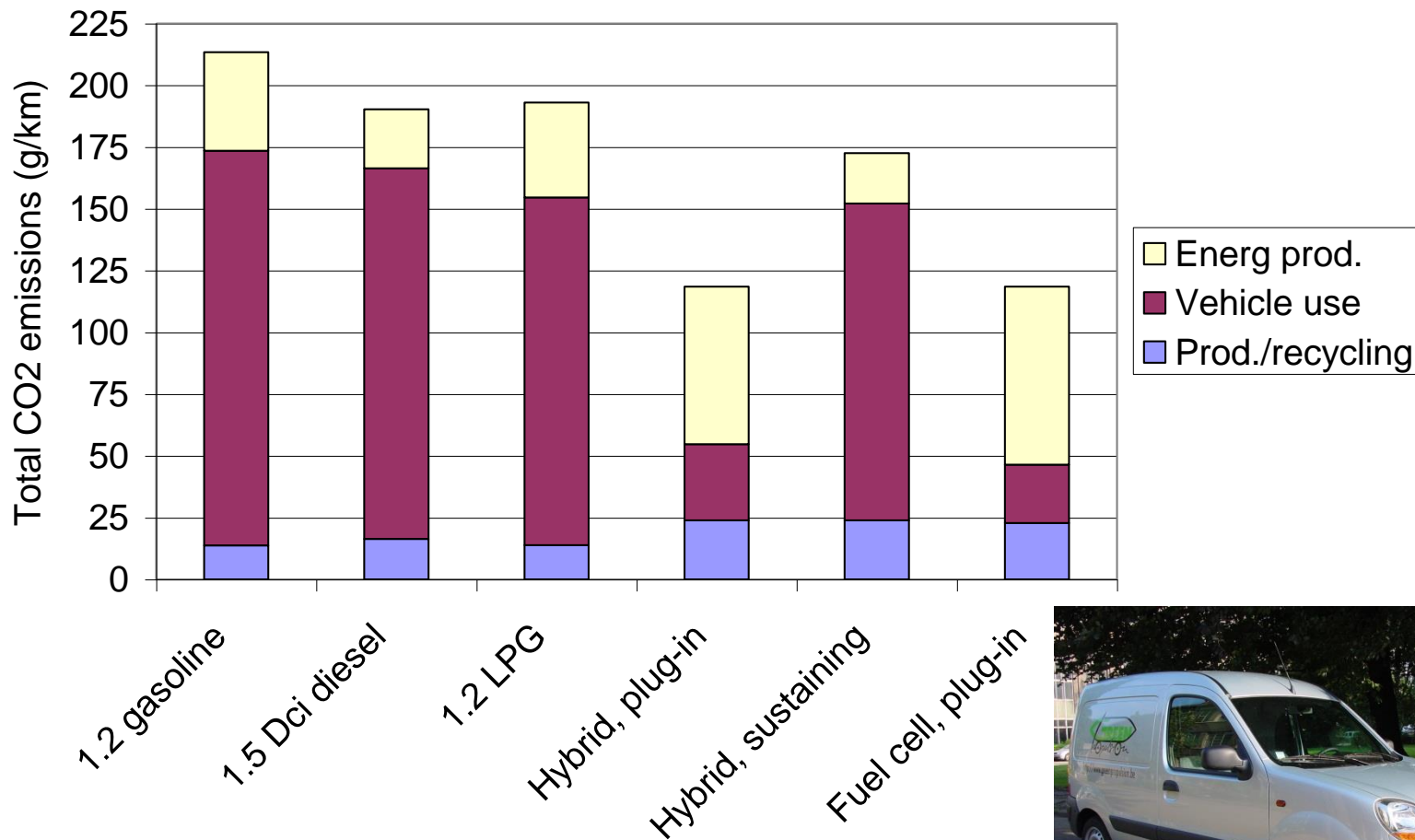
VW Passat GTE



Porsche Cayenne S E Hybrid



DE L'UTILITE DE RECHARGER A LA PRISE



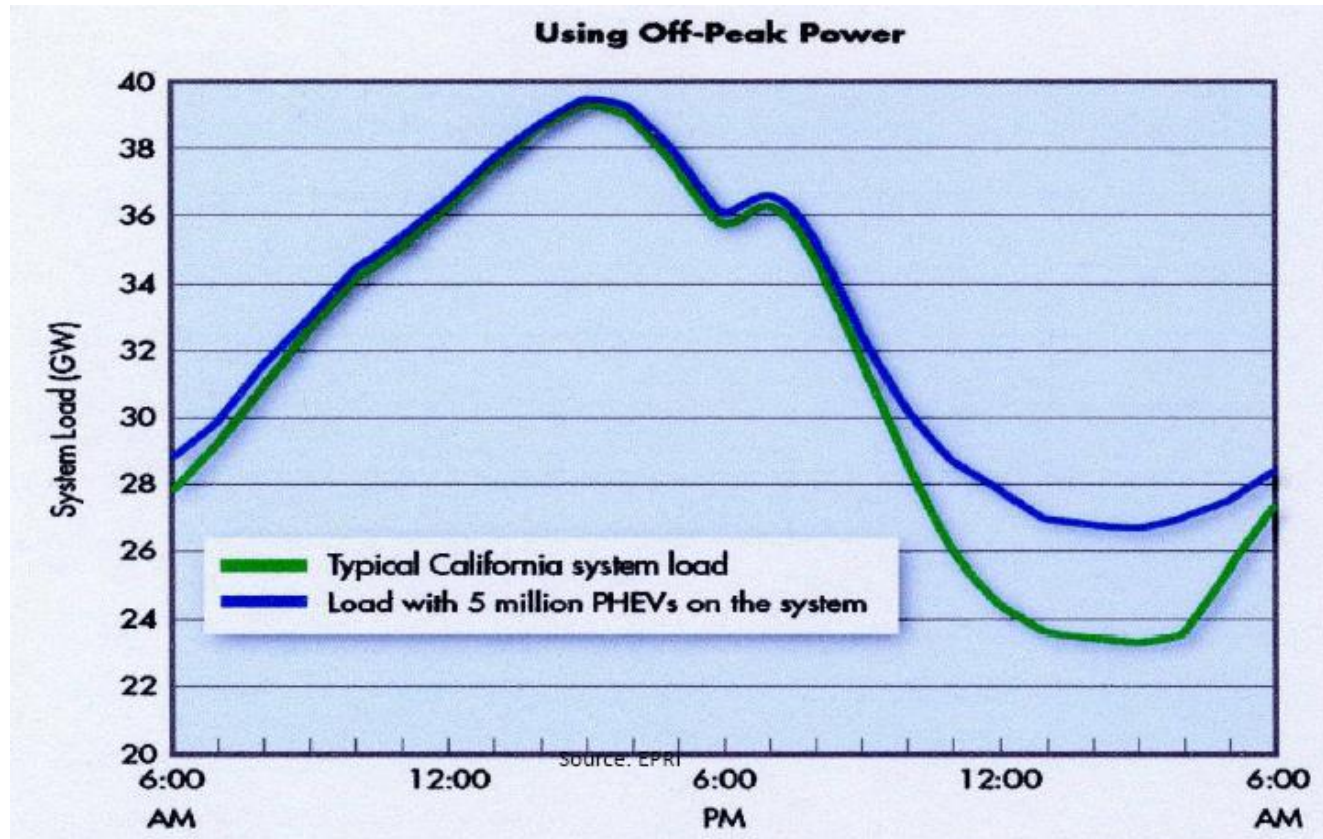
Renault Kangoo Hybrid
Green Propulsion

Source: www.greenpropulsion.be



INTÉGRATION DU VE ET PHEV DANS LE RÉSEAU

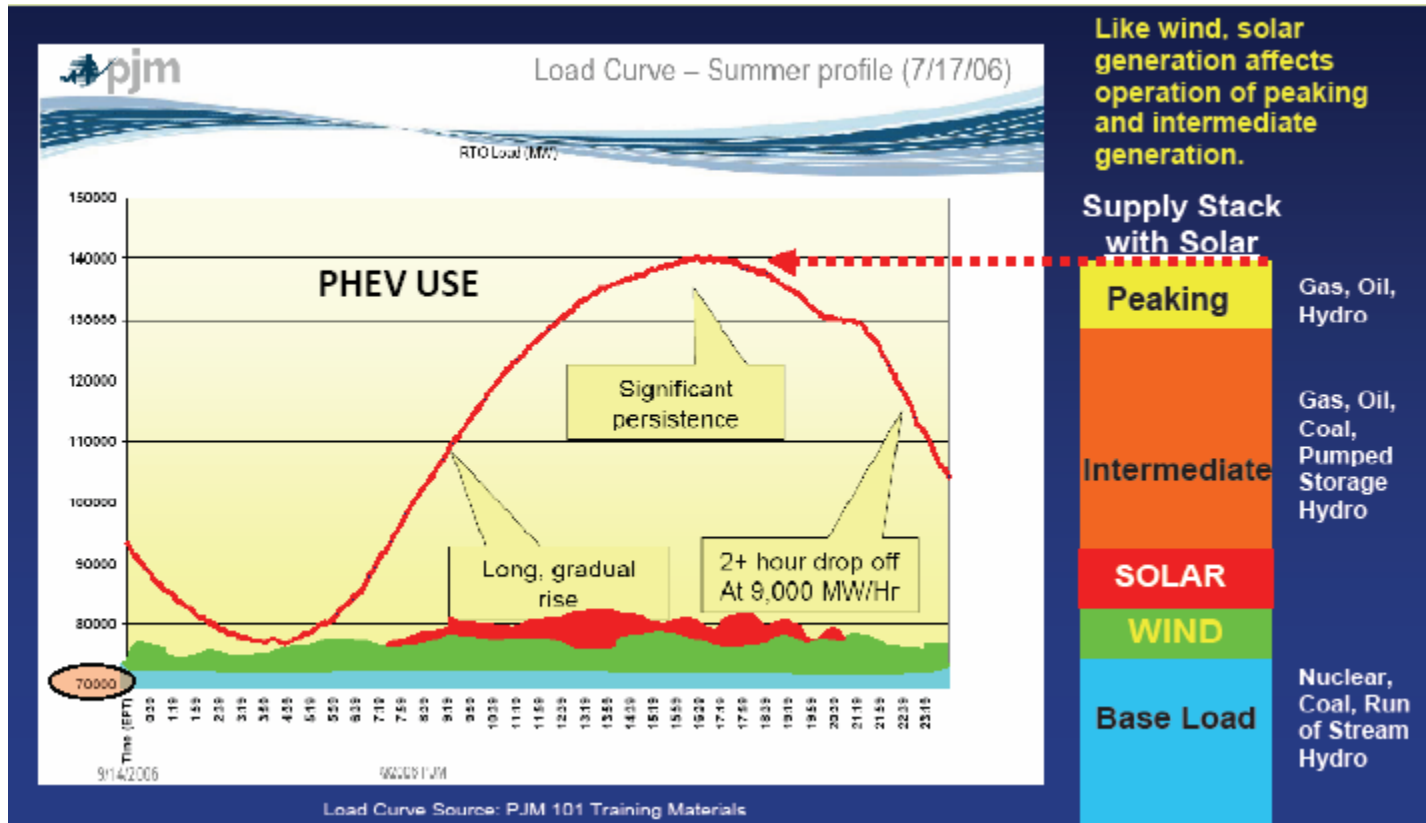
- Le courant de nuit est le carburant des véhicules électriques



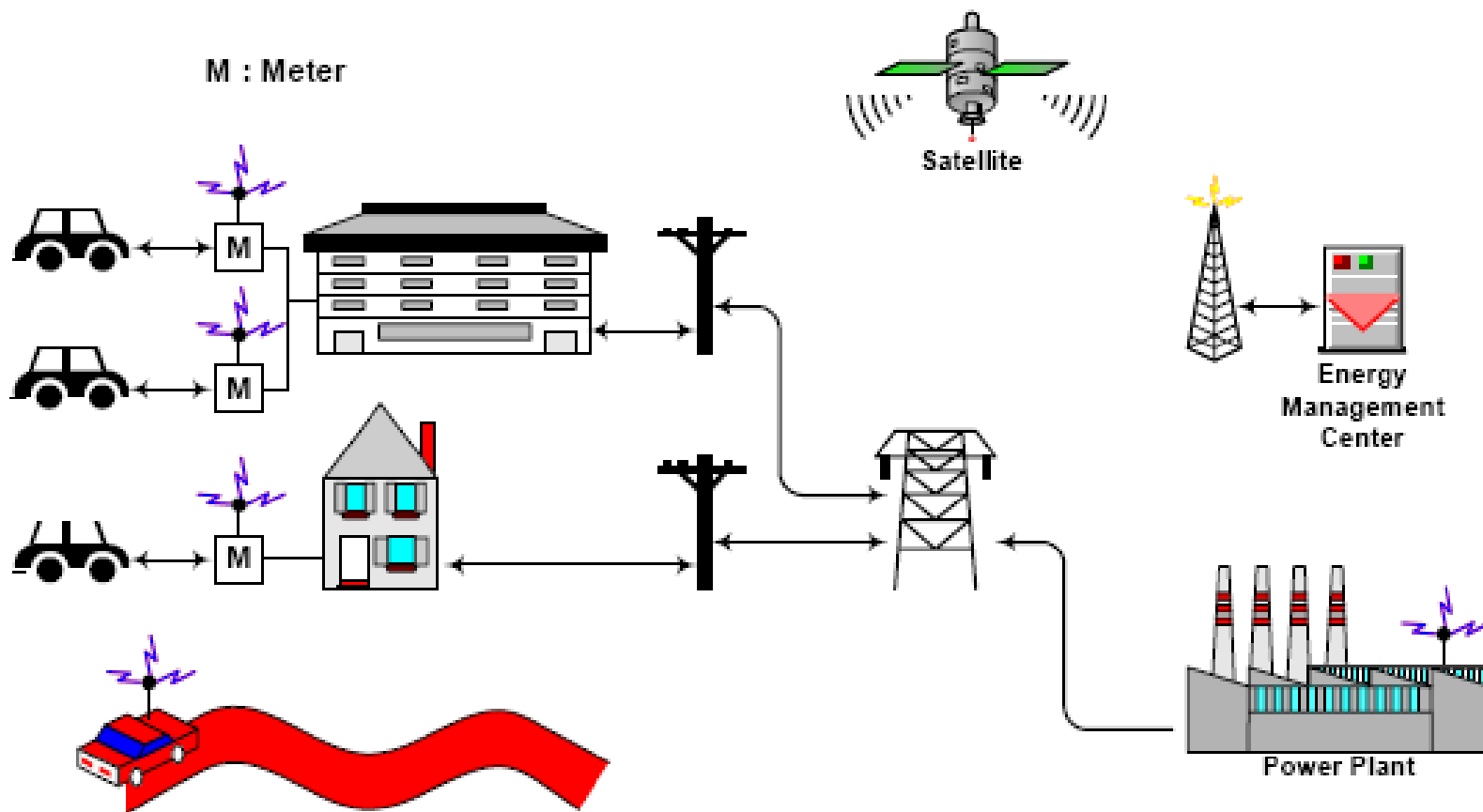
Thomas Schneider, Transportation Efficiency Through Electric Drives and the Power Grid, Capitol Hill Forum, Plug-in Hybrid Electric Vehicles: Towards Energy Independence, July 10, 2007.

INTÉGRATION DU VE ET PHEV DANS LE RÉSEAU

- A contrario, les batteries des VE et des PHEV sont une source de puissance de réserve pour niveler les pics de demande de puissance dans le réseau



INTÉGRATION DU VE ET PHEV DANS LE RÉSEAU



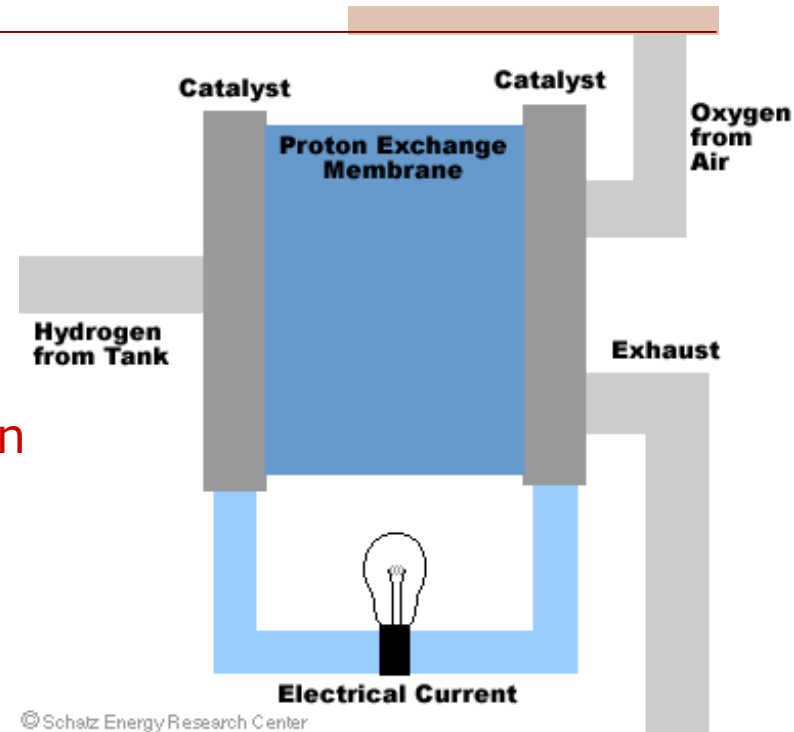
Mehdi Ferdowski, Plug-in Hybrid Vehicles –A vision for the Future, 2007 IEEE VPPP

LE VÉHICULE À PILE À COMBUSTIBLE



PILES A COMBUSTIBLE: C'EST QUOI?

- Système de **conversion directe** de l'énergie d'un combustible en électricité
- Réaction électrochimique (oxydo-réduction) **sans flamme**
- La pile à hydrogène $H_2 - O_2$: **réaction inverse de l'électrolyse de l'eau**
- Réactifs amenés en continu
- Rendement élevé (>50%)
- Questions importantes:
 - Coût des matériaux précieux pour les électrodes, les membranes
 - Fiabilité
- Technologie hydrogène: le vrai départ?

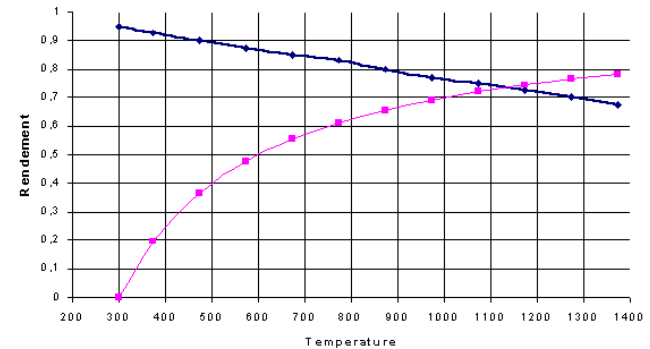
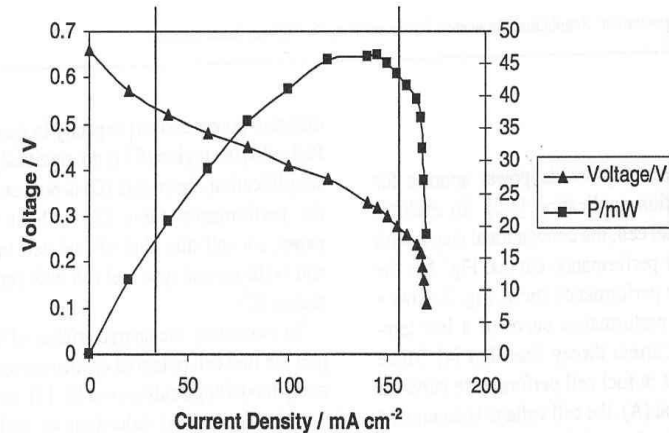


Viessmann-Panasonic domestic FC



PILES A COMBUSTIBLE A HYDROGENE

- **Avantages:**
 - Fonctionnement silencieux
 - Rendement théorique élevé (supérieur à 50%)
 - Pas de rejet direct de polluants
- **Inconvénients:**
 - Coût des électrodes
 - Pureté des combustibles
- On distingue actuellement différents types de piles à combustibles
 - Piles PEM (polymer exchange membrane)
 - Pile au Méthanol Direct
 - ...

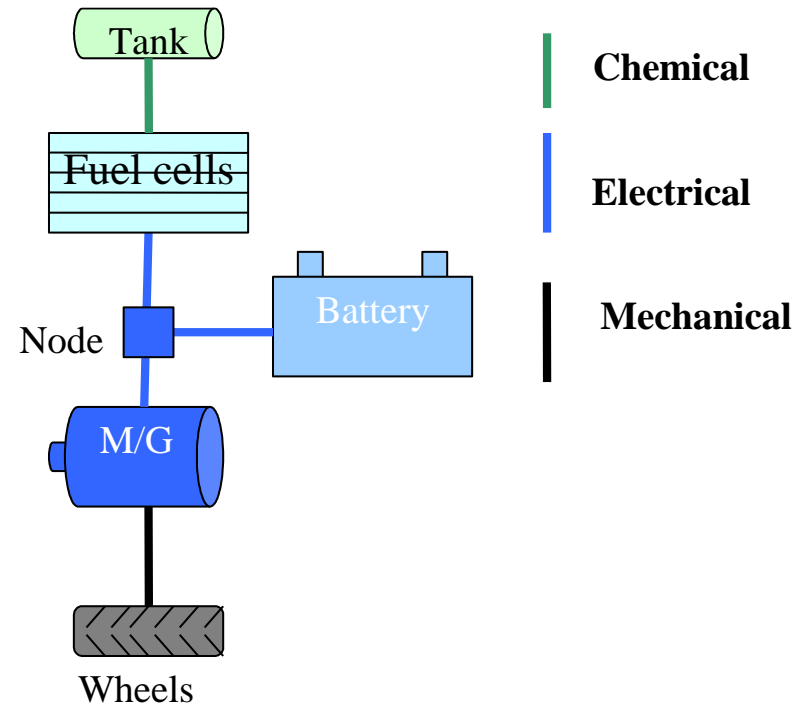


VEHICULES A PILES A COMBUSTIBLE

- Véhicule zéro émission:
 - Pas d'émission de polluant hormis H₂O
 - Fonctionnement quasi silencieux

- Système de propulsion basé sur une **architecture hybride série**
 - Stockage de puissance via batteries ou super Caps
 - Récupération d'énergie de freinage
 - Autonomie supérieure à 500 km

- Production, distribution et stockage de l'hydrogène
 - H₂ ou plug-in hybrid sur le réseau



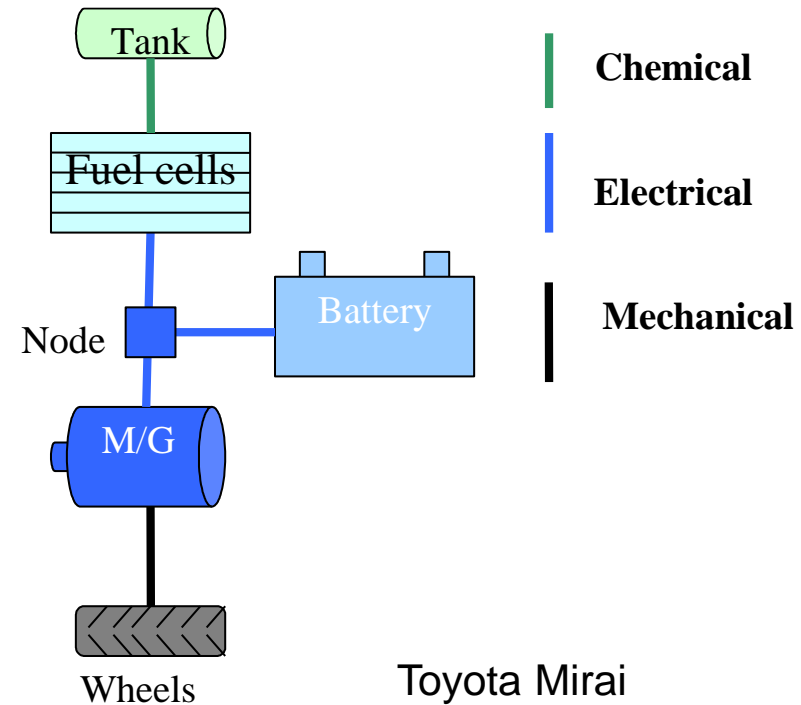
Toyota Mirai



VEHICULES A PILES A COMBUSTIBLE

- Rendement Pile à Combustible: 55%
- Rendement Convertisseur DC/DC: 95%
- Batteries: Charge décharge (Li-ions): 95%
- Moteur électrique et son électronique de puissance: 95%
- Rendement Transmission: 96%
- Total: 45%

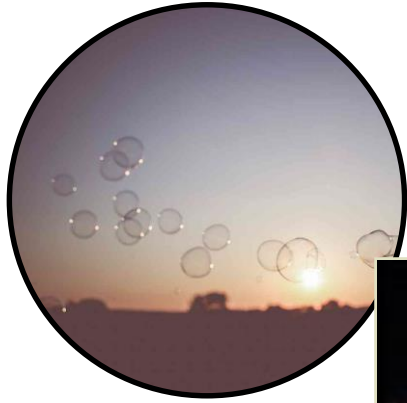
- Rendement production H₂ (reformage du CH₄) : 80%
- Total : 36%



Toyota Mirai



EST CE QUE L'HYDROGÈNE EST CARBURANT SUR?



Lighter than air

Fuel leakage Simulation. Dr. Michael Swain.
Experiment on fuel leakage and burning car conducted with
the University of Miami at Coral Gables.



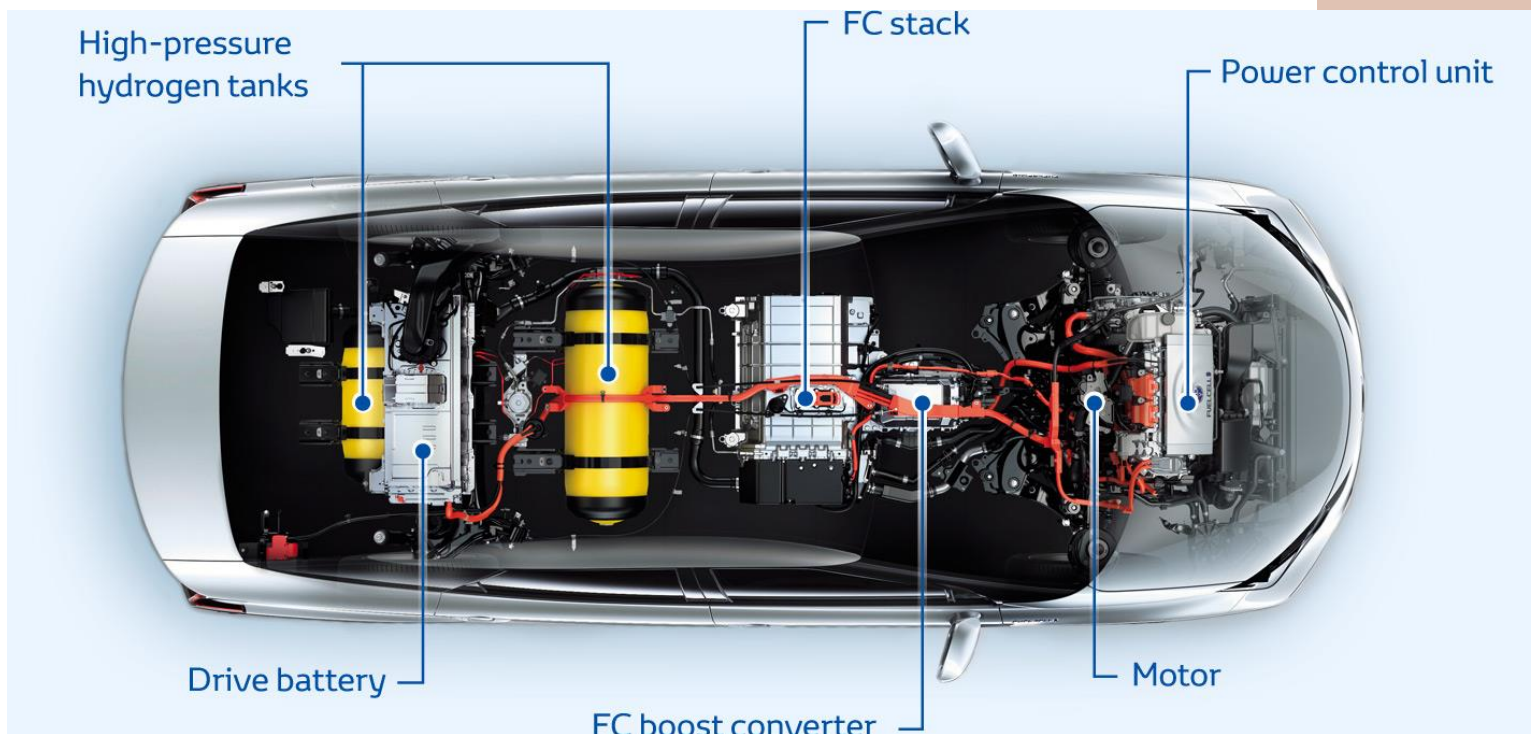
Fuel tank
punctured
0 seconds

Fuel set on
fire
3 seconds

Fuel tank
burning
60 seconds



VEHICULES A PILES A COMBUSTIBLE



TOYOTA Mirai



Approx.
650 km*

The Mirai's cruising range is on par with a conventional gasoline-fueled vehicle, letting you enjoy day trips without stopping.

* Toyota measurements based on JC08 test cycle performance; as measured by Toyota when refueling at a hydrogen station supplying hydrogen at a pressure of 70 MPa under the SAE J2601 Standard conditions (ambient temperature: 20°C, hydrogen tank pressure when fueled: 10 MPa). Differing amounts of hydrogen will be supplied to the tank if refueling is carried out at hydrogen stations with differing specifications, and the cruising range will therefore also differ accordingly. It is estimated that a cruising range of approximately 700 km can be achieved when fueled at new hydrogen stations scheduled to begin operation after FY2016. Possible cruising range may vary considerably due to usage conditions (weather, traffic congestion, etc.) and driving methods (quick starts, air conditioning, etc.).

Toyota Mirai
Commercialisée depuis 2015 (Japan)

http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/index.html



Development of MIRAI

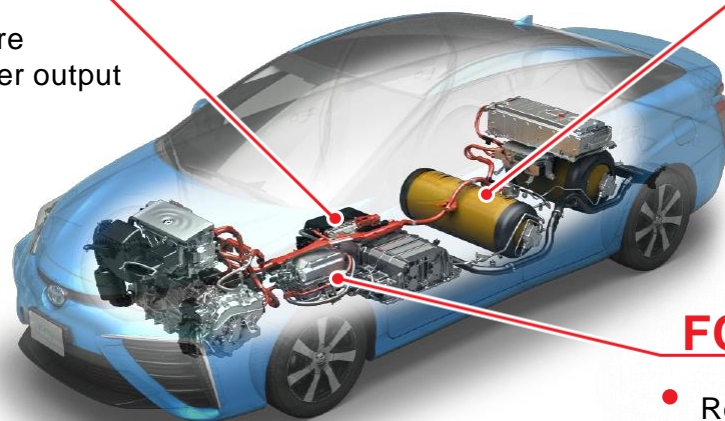
★FC stack

- Innovative flow channel structure and Electrodes of cells for higher output
Output/volume; 3.1kW/L

world top level

Humidifier less

- Internal circulation



★High pressure hydrogen tank

- The light weight structure of carbon fiber reinforced plastic enabled
Storage; 5.7 wt%*

world top level

FC boost converter

- Reduced number of cells in FC stack
- Common use of hybrid units

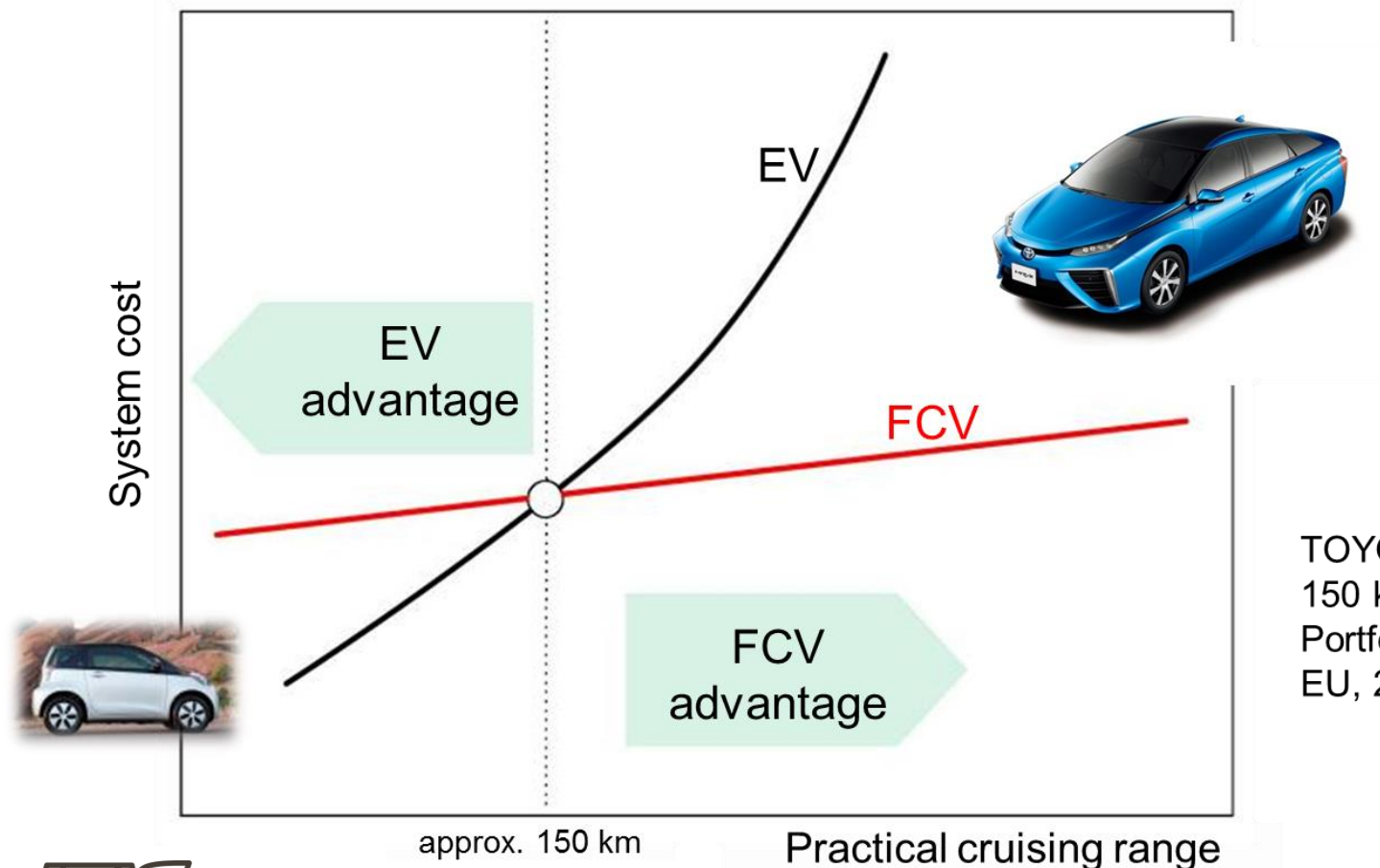
*Hydrogen mass/Tank mass

FC main components developed in-house to achieve world leading performance



VEHICULES A PILES A COMBUSTIBLE

- Pourquoi le véhicule pile à combustible:
→ Autonomie et coût !



TOYOTA estimation:
150 km, Joint study on a
Portfolio of Powertrains for
EU, 2010: 140 km

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

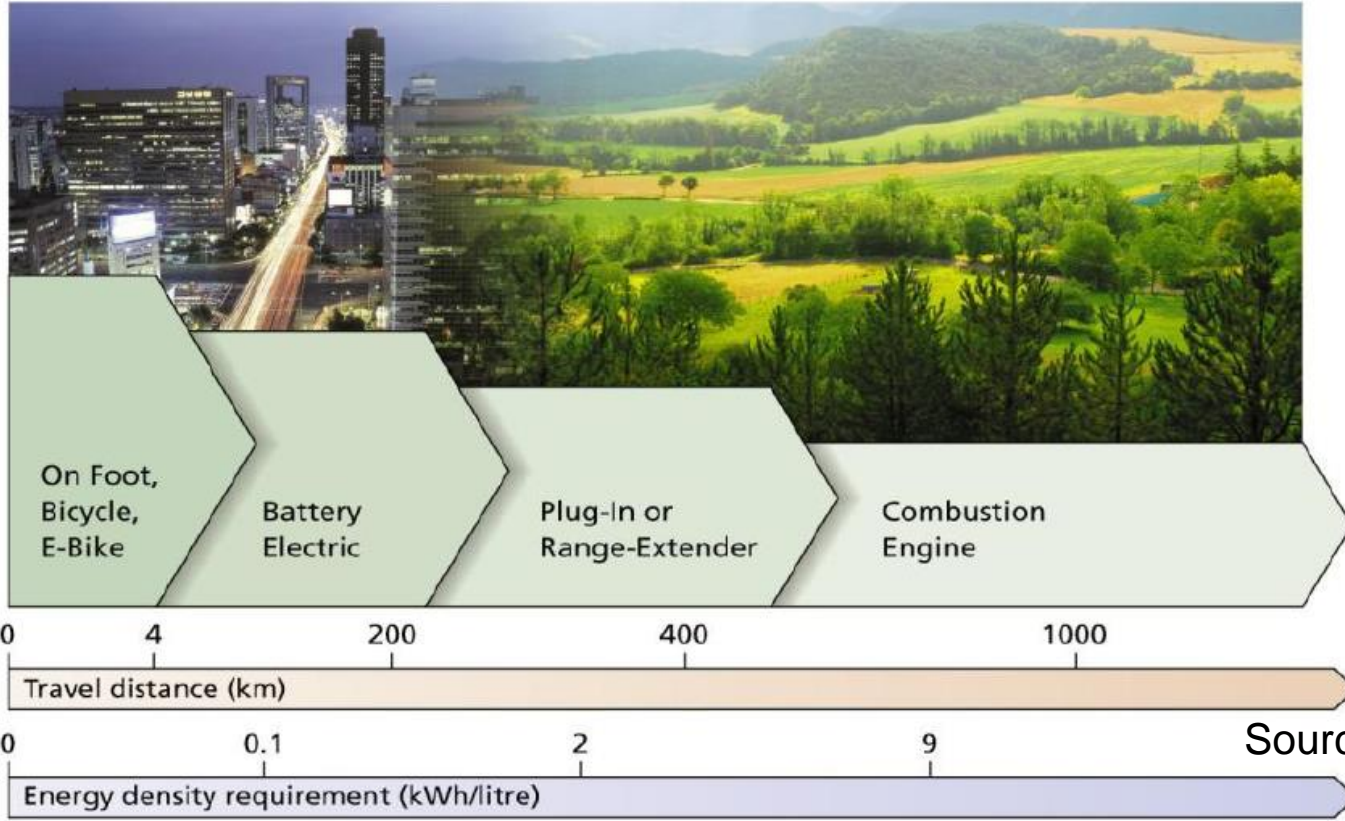




Des technologies pour chaque besoin



SOLUTION OPTIMISEE DEPEND DU PROFIL DE L'UTILISATEUR

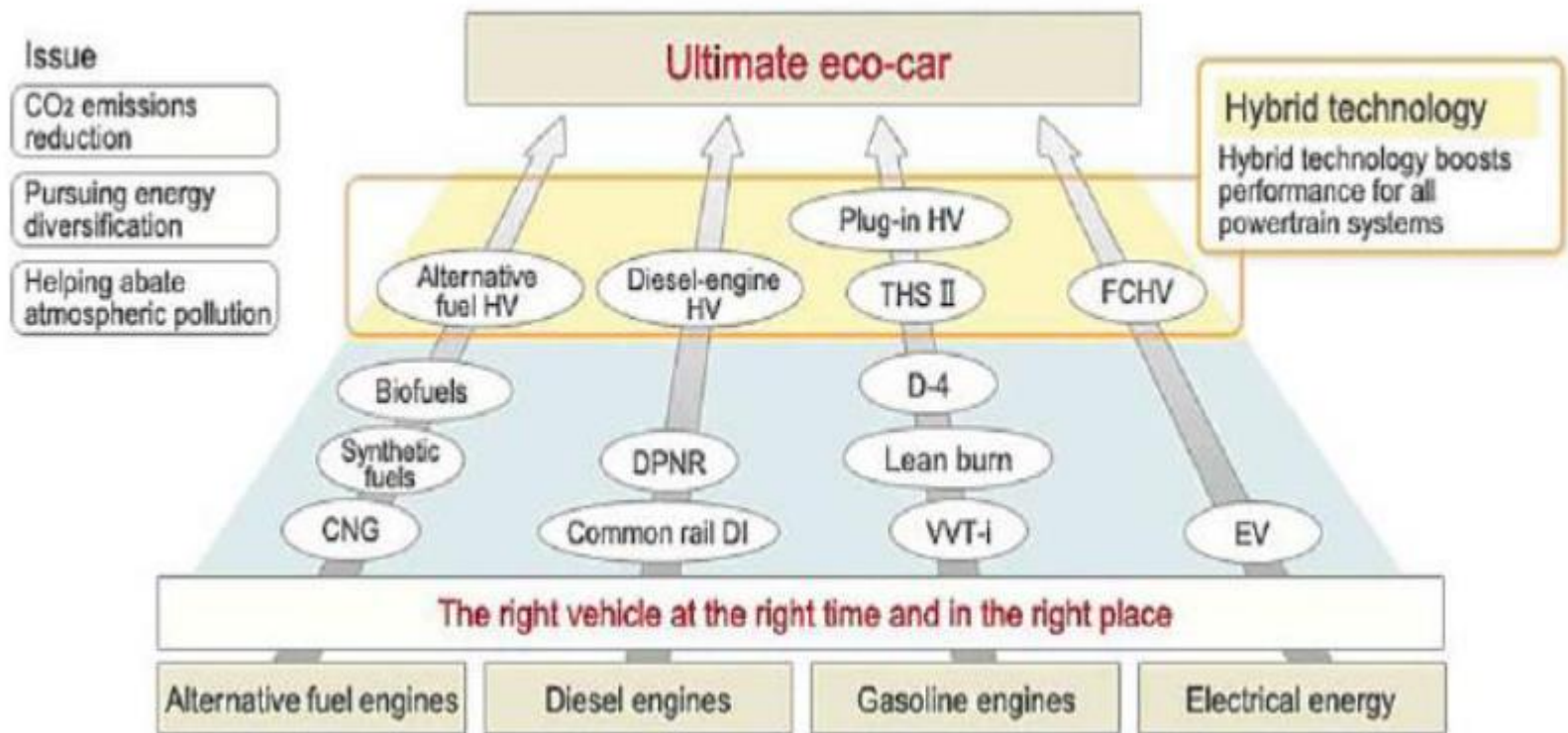


Source:ERTARC



Réduire les émissions: la feuille de route TOYOTA

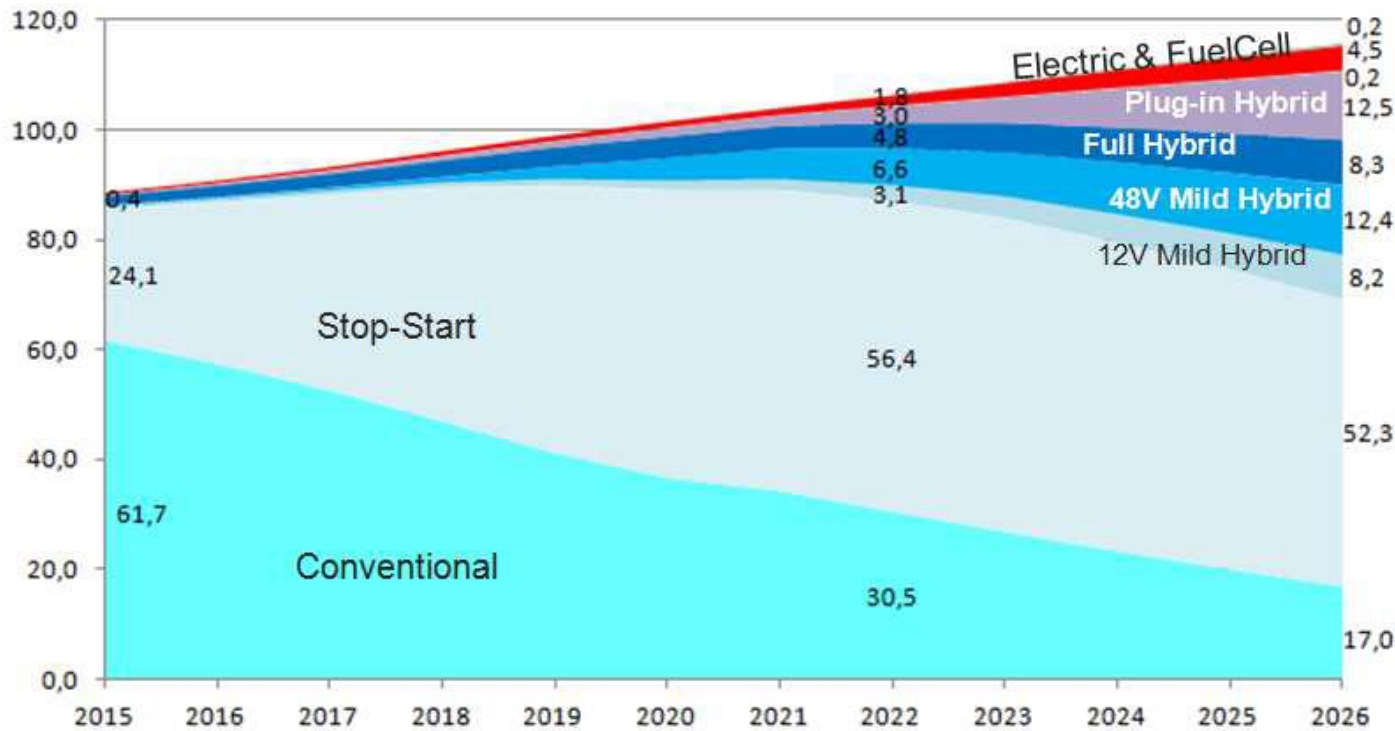
- La feuille de route Toyota pour la réduction des émissions de CO2



UN GLISSEMENT DANS LES TECHNOLOGIES

Electrification – Worldwide

Vehicles <6T



- From 0.4% to 4% Electric/Fuel Cell
- From 2% to 18% HV Hybrid
- From 0.4% to 18% LV Hybrid
- From 27% to 45% Stop-Start
- From 70% to 15% Conventional

Source: VALEO



UN GLISSEMENT DANS LES TECHNOLOGIES

- CHANGEMENTS DANS LES SYSTEMES DE PROPULSION
 - **Diesel** chute mais reste dans les véhicules destinés au longs courriers et les véhicules à bas coût
 - Le **CNG** et le **LNG** fournissent une alternative crédible spécialement dans les véhicules qui ont besoin d'autonomie.
 - Les **véhicules électriques EV** gagnent du terrain mais restent axés sur les applications urbaines et sont dans l'attente de nouvelles batteries
 - Les **véhicules Plug-In Hybrid** sont le choix qui va s'imposer pour le segment premium pour passer les tests d'émission avec un coût acceptable
 - L'**hydrogène et la pile à combustible** en embuscade pour augmenter l'autonomie des véhicules électriques et zéro émissions

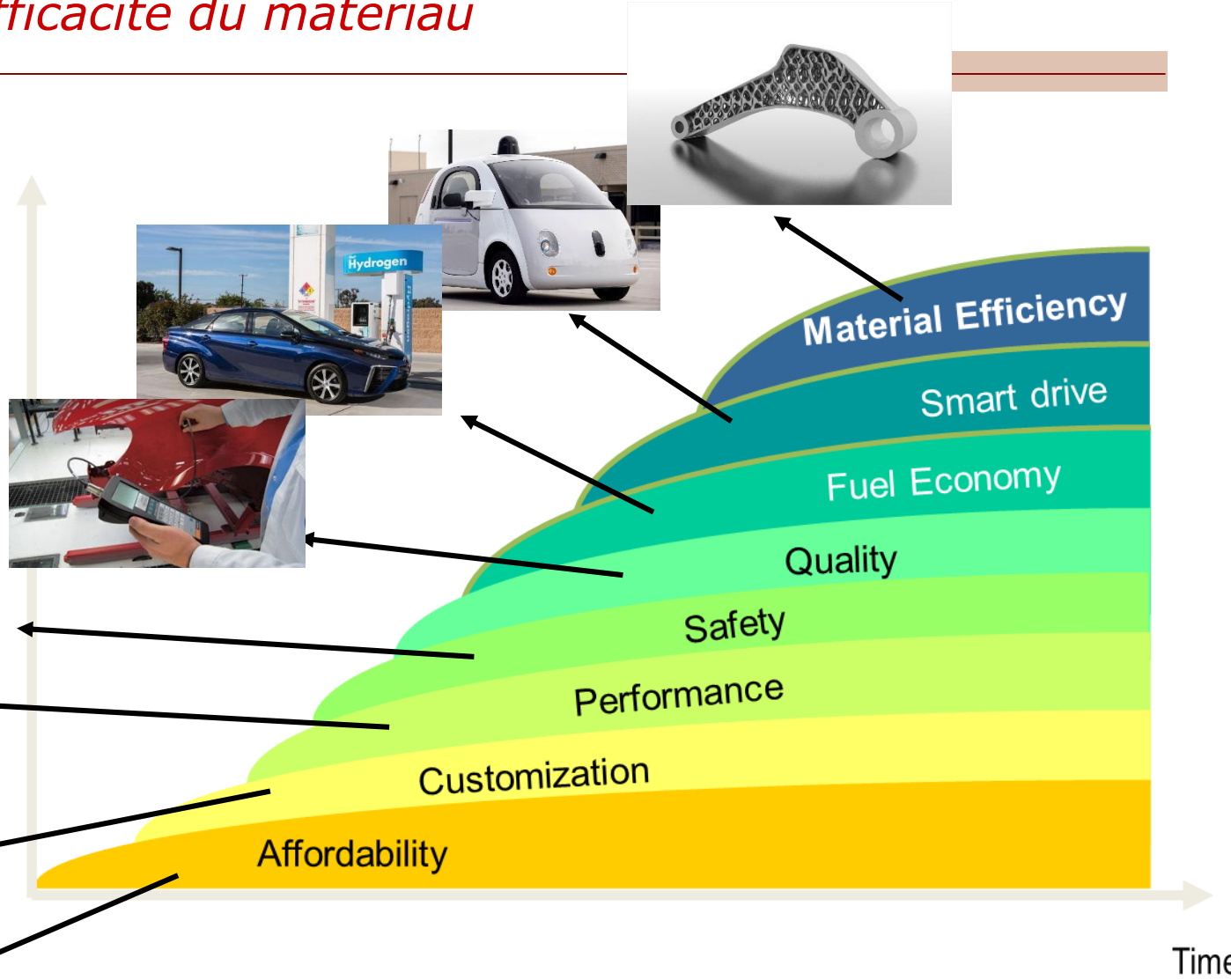


Le prochain défi: l'allègement des véhicules



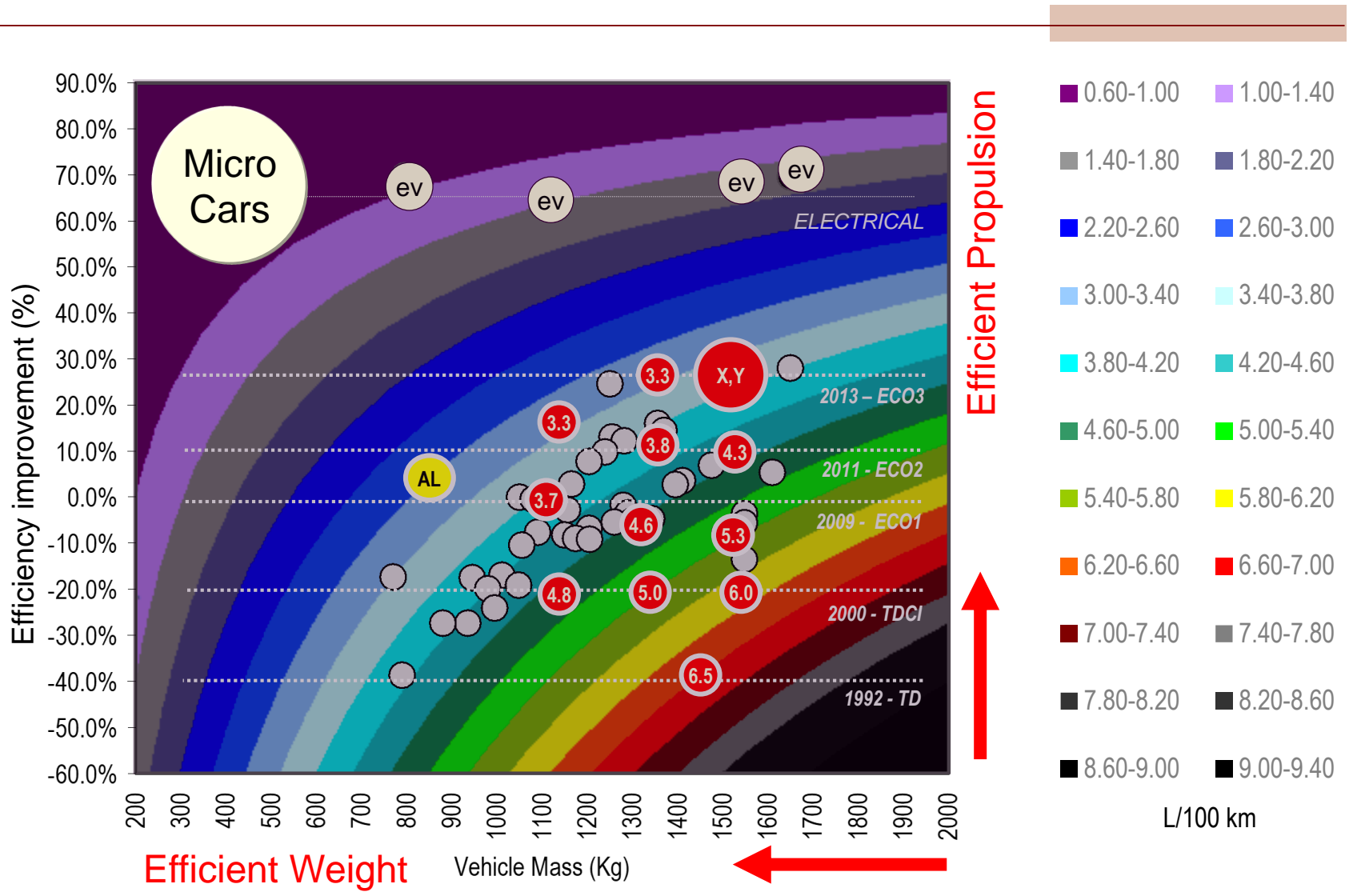
Le prochain défi: le véhicule autonome et l'efficacité du matériau

Automotive Mass Market demand



Source: Ford – Low Cost Carbon for Automotive Applications conference, Liege, 22-11-2012

Economie de carburant vs masse du véhicule



MATÉRIAUX POUR L'AUTOMOBILE

- Advanced High Strength Steels - Weight savings potential **7 to 10%**
 - Most mature technology
 - Lowest cost alternative
 - Tooling upgrades required

- Aluminum - Weight savings potential **40 to 50%**
 - Material cost is higher than advanced steels
 - Slight tooling upgrades required

- Magnesium - Weight savings potential **50 to 60%**
 - Casting is currently the only economically viable manufacturing process
 - Corrosion can be an issue in some applications
 - Material supply base and converters in a state of flux

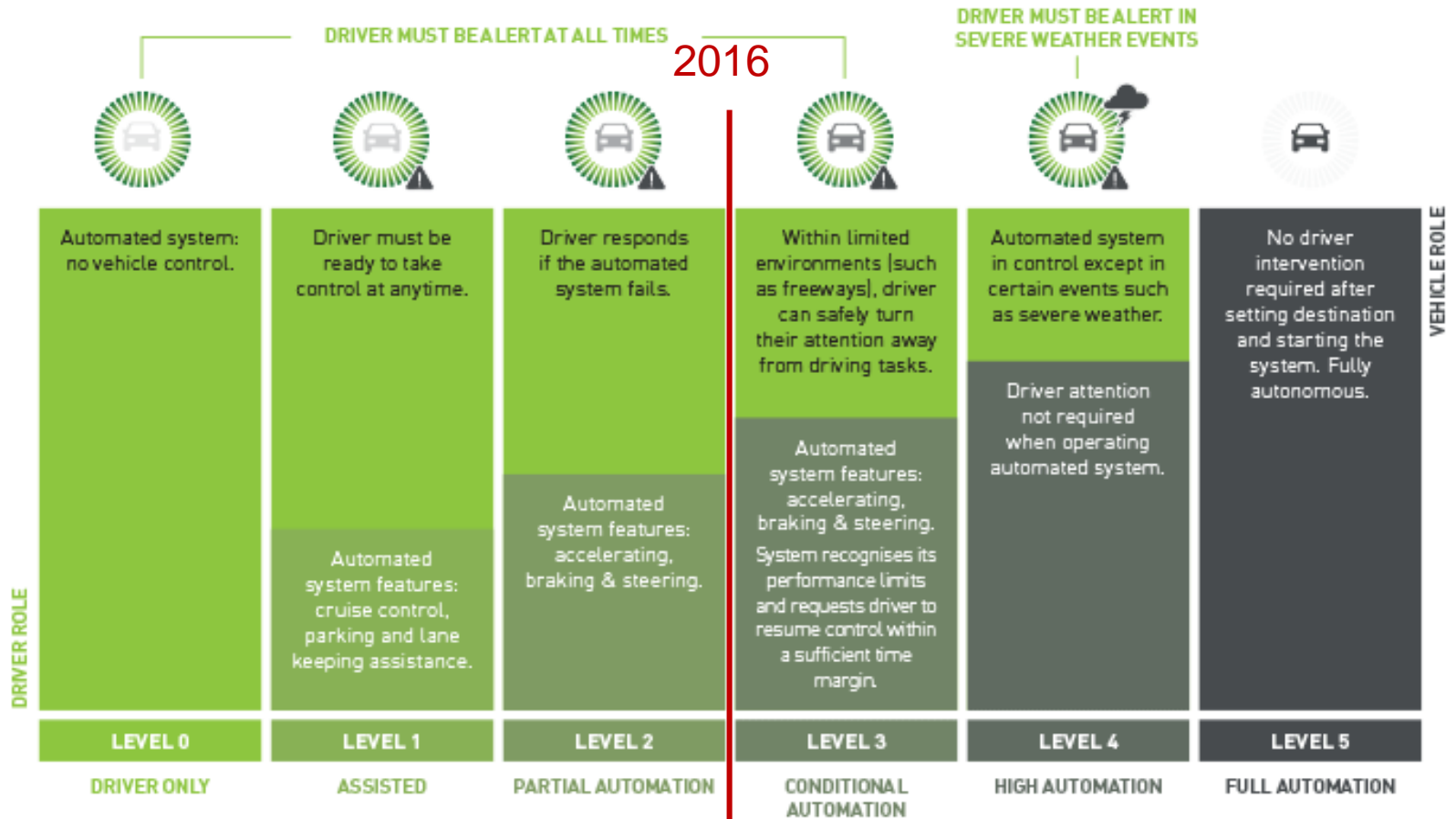
- Polymer & Composites - Weight savings potential **10 to 70+%**
 - Good supply base for sheet molded composite (SMC)
 - Suitable for appearance and semi-structural applications
 - High performance (Carbon Fiber) materials not affordable at automotive volumes but low cost grades are under development



Véhicules autonomes et véhicules électriques



VEHICULES AUTONOMES : ETAT DE LA SITUATION



VEHICULES AUTONOMES : ETAT DE LA SITUATION

- Les véhicules autonomes offrent de grandes possibilités pour façonner des solutions innovantes dans le transport urbain



Le changement de mode de consommation de mobilité



MODIFICATION DU MODE DE CONSOMMATION DE MOBILITE

Ownership

Service



Autonomous Driving

Personal mobile living space



Traditional Car Market

Manual Driving



Mobility on Demand



Mobility Providers

Car Manufacturers

- Les modèles de mobilité et de possession d'un véhicule vont se diversifier
- Emergence de nouveaux acteurs

Concept de mobilité personnelle

- Vision de plus petits véhicules très mobiles et très intelligents
 - Motorisation électrique
 - Batteries ou pile à combustible
 - Matériaux légers
 - Adapté à la circulation urbaine



Renault Twizy



Personnal Mobility Concept de Toyota

QUESTIONS



Pierre DUYSINX

Ingénierie des Véhicules Terrestres
Aérospatiale et Mécanique
Université de Liège

Allée de la Découverte 13A, Bâtiment B52
Quartier Polytech 1
4000 Liège
Tél: 04 366 9194
Email: P.Duysinx@uliege.be

