

L'Evolution de l'Industrie Automobile Face aux Tendances Globales de la Société

Prof Dr Ir Pierre Duysinx

LTAS – Département d'Aérospatiale et de Mécanique
Université de Liège

EVENTEMENT VOITURE ELECTRIQUE
TRAXIO, Bruxelles
5 décembre 2018



ÉTAT DE LA SITUATION ET ENJEUX



LE MONDE EST EN TRAIN DE CHANGER PROFONDEMENT ET RAPIDEMENT

Urbanisation



Individualisation des besoins de mobilité



Vieillesse population



Changement climatique



Accident



Congestion



Criminalité



Air pollution



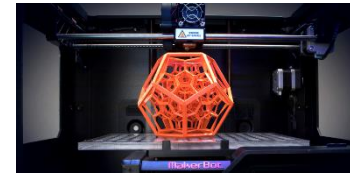
Intelligence Artificielle



Digitalisation



3D printing



Ressources limitées

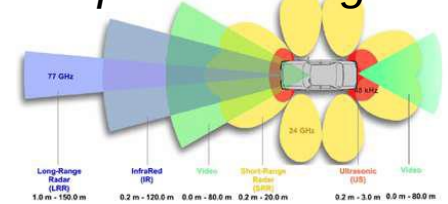
Santé & Bien-être



Prix de l'énergie



Capteurs et Big Data



Connectivité



Déchets et recyclage



TENDANCES GLOBALES

- Facteurs d'accélération des **Technologies** et l'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

SANTÉ & BIEN ETRE

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

- 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

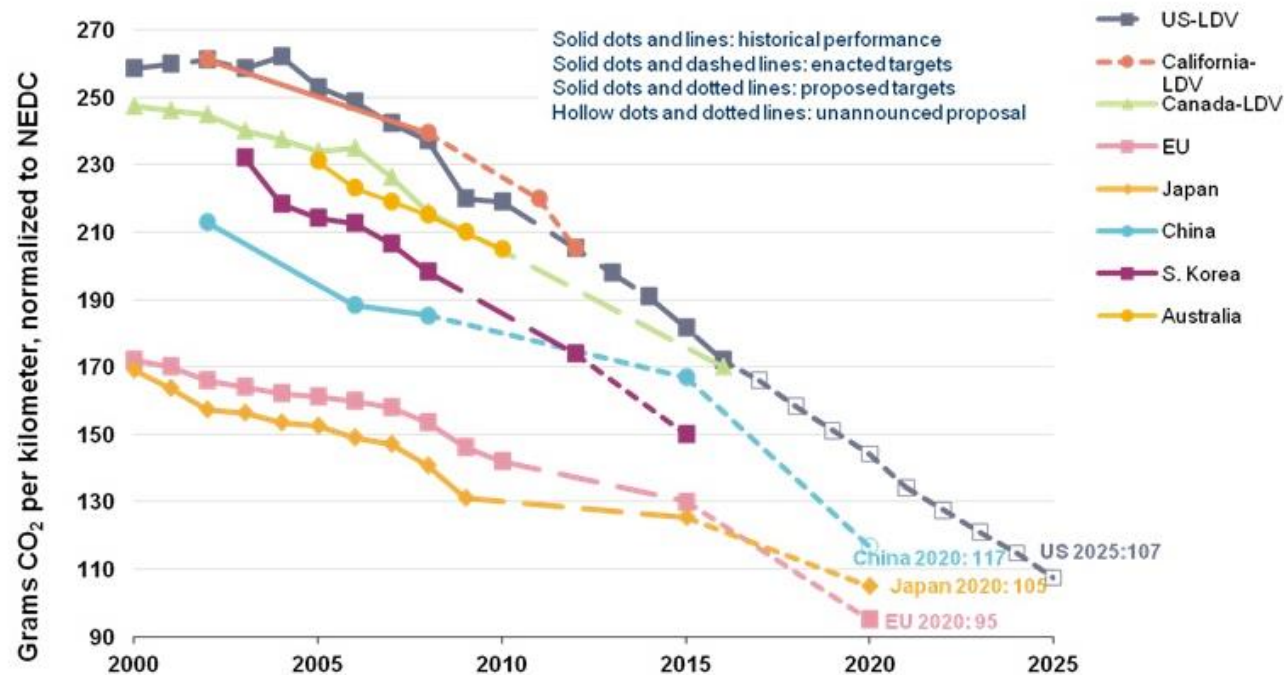
- Mobilité multimodale
- Car sharing
- Car pooling
- Véhicules autonomes
- Eco systems intégrés de mobilité
- Zones de basse émission

Les défis de l'automobile



PRESSION DES REGLEMENTATIONS SUR LES EMISSIONS DE CO₂

- Les objectifs de réduction des émissions de CO₂ de flotte convergent vers des objectifs contraignants



[1] China's target reflects gasoline fleet scenario. If including other fuel types, the target will be lower.

[2] US and Canada light-duty vehicles include light-commercial vehicles.

Source: ICCT

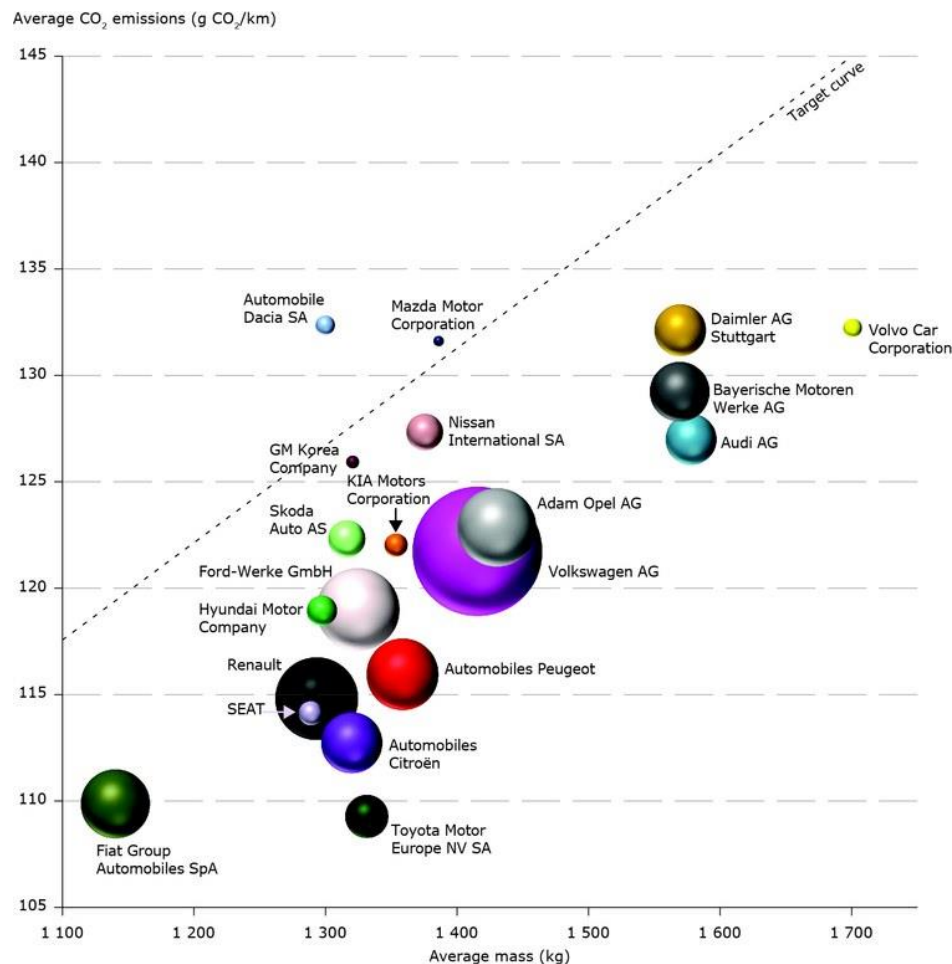
Remark: Recalculation in ICCT July 2012 report indicates level of 93g for passenger cars only for the US in 2025. EU's targets are comparatively more stringent. Vehicle definitions are different in the US and EU, and not directly comparable.



PRESSION DES REGLEMENTATIONS SUR LES EMISSIONS DE CO₂

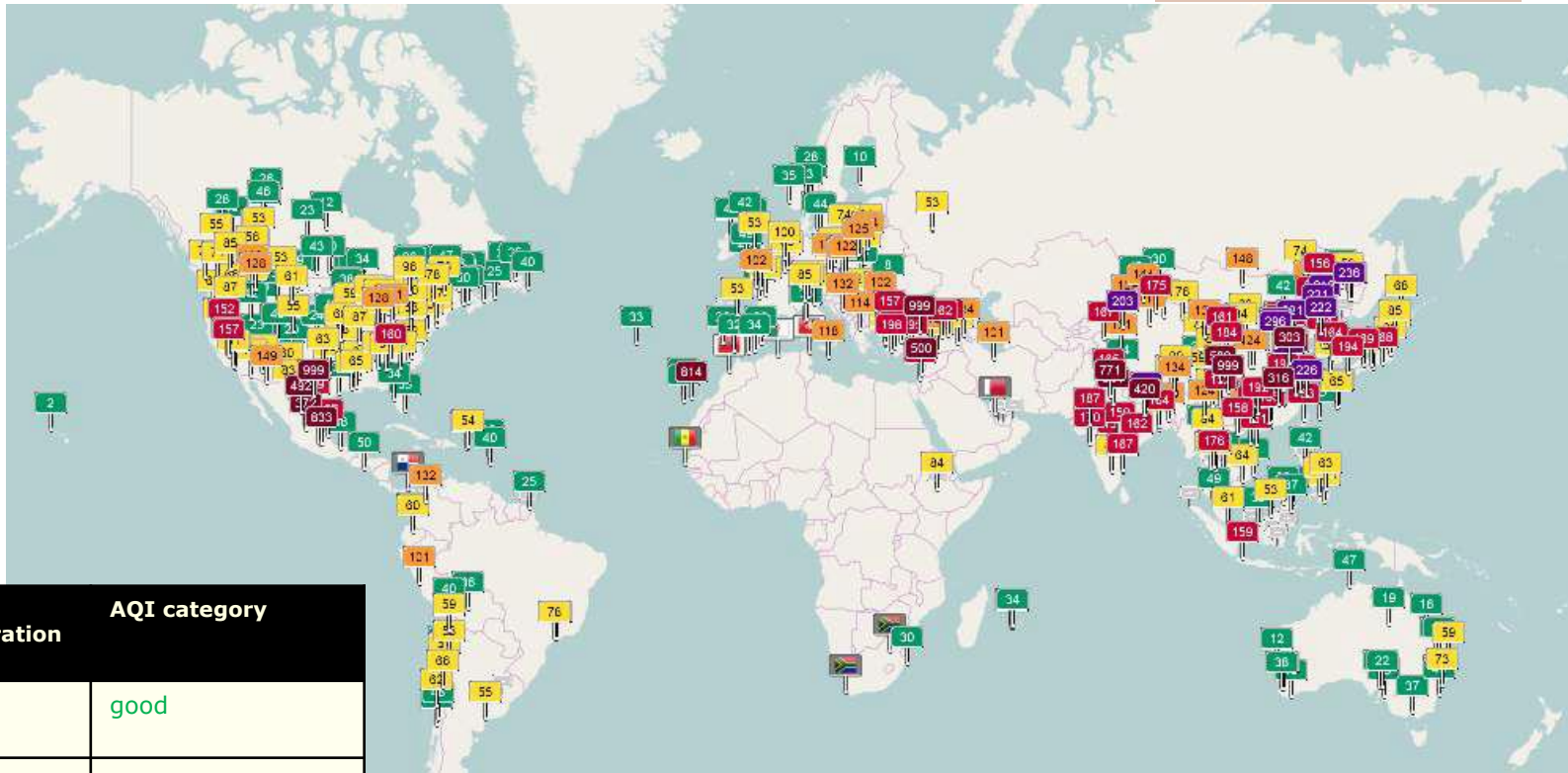
- Les objectifs de flotte mettent la pression sur tous les constructeurs et particulièrement sur les premiums.

Distance to 2012 target by individual manufacturers in 2011 (only manufacturers registering >100 000 vehicles in Europe).



Source: <https://www.eea.europa.eu/highlights/most-car-manufacturers-on-track>

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



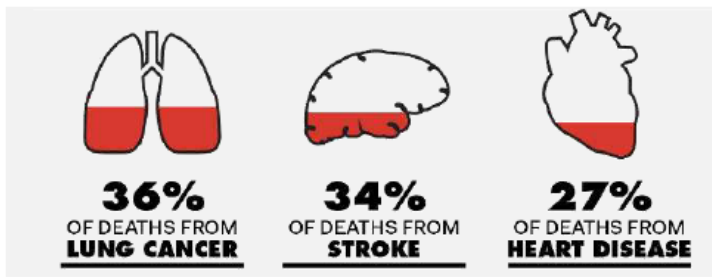
AQI	PM2.5 concentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AQI category
0 to 50	0 to 12	good
51 to 100	12 to 35	MODERATE
101 to 150	35 to 55	UNHEALTHY FOR SENSITIVE GROUPS
151 to 200	55 to 150	UNHEALTHY
201 to 300	150 to 250	VERY UNHEALTHY
300 to 500+	250 to 500	HAZARDOUS

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.

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

- **Le tueur invisible:** Selon l'OMAS, on considère la pollution atmosphérique comme "la plus grande et seule menace environnementale pour la santé" avec plus de trois millions de personnes décédés chaque année. C'est plus que le double du nombre de décès dans les accidents de la route chaque année.



- **Une priorité pour la Chine:** Plus de 50% des personnes interrogées en Chine placent la qualité de l'air dans l'endroit où ils vivent comme une préoccupation majeure et la qualifient de assez pauvre/ pauvre/ très pauvre (Europe 25% - USA 17%) **3 Chinois sur 4** cherchent de l'information sur les conditions environnementale de leur lieu de vie

POLLUTION LOCALISEE DANS LES CENTRES URBAINS



- *Le transport contribue principalement aux émissions de NO_x et de CO*
- *Forte exposition des Européens aux pollutions locales: 80% des Européens vivent dans des villes*
- *La pollution sonore (bruit) devient également un problème important*

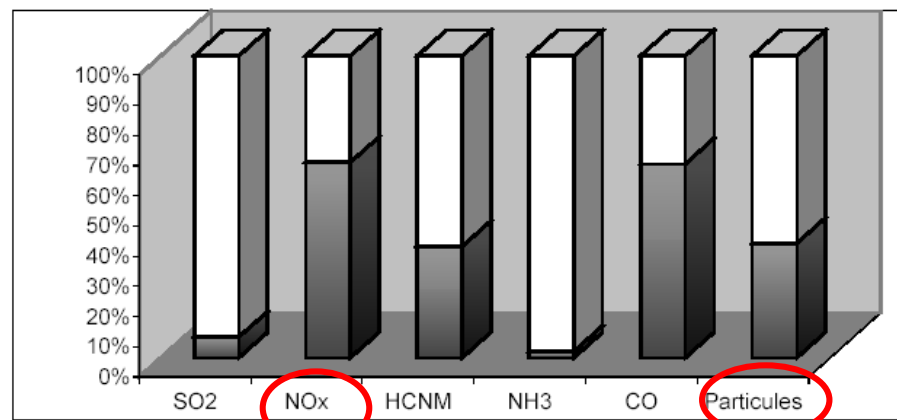


Figure 1 : en grisé, contribution des transports aux émissions globales de polluants en Europe (2001)

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

LA CONGESTION DU RESEAU ET LA SECURITE ROUTIERE

- La congestion du réseau
 - Zones urbaines, réseau transeuropéen
 - Coût: 1% PNB en 2010

- Sécurité routière
 - 41.000 morts par an sur les routes de l'UE
 - Coût: 2% du PIB
 - Objectif pour 2010 réduire le nombre de tués par 2.



LES OBJECTIFS POUR L'EUROPE EN 2030 – 50% D'EFFICACITE EN PLUS

- La contribution principale de l'Industrie Automobile Européenne pour faire face au défis de l'environnement:

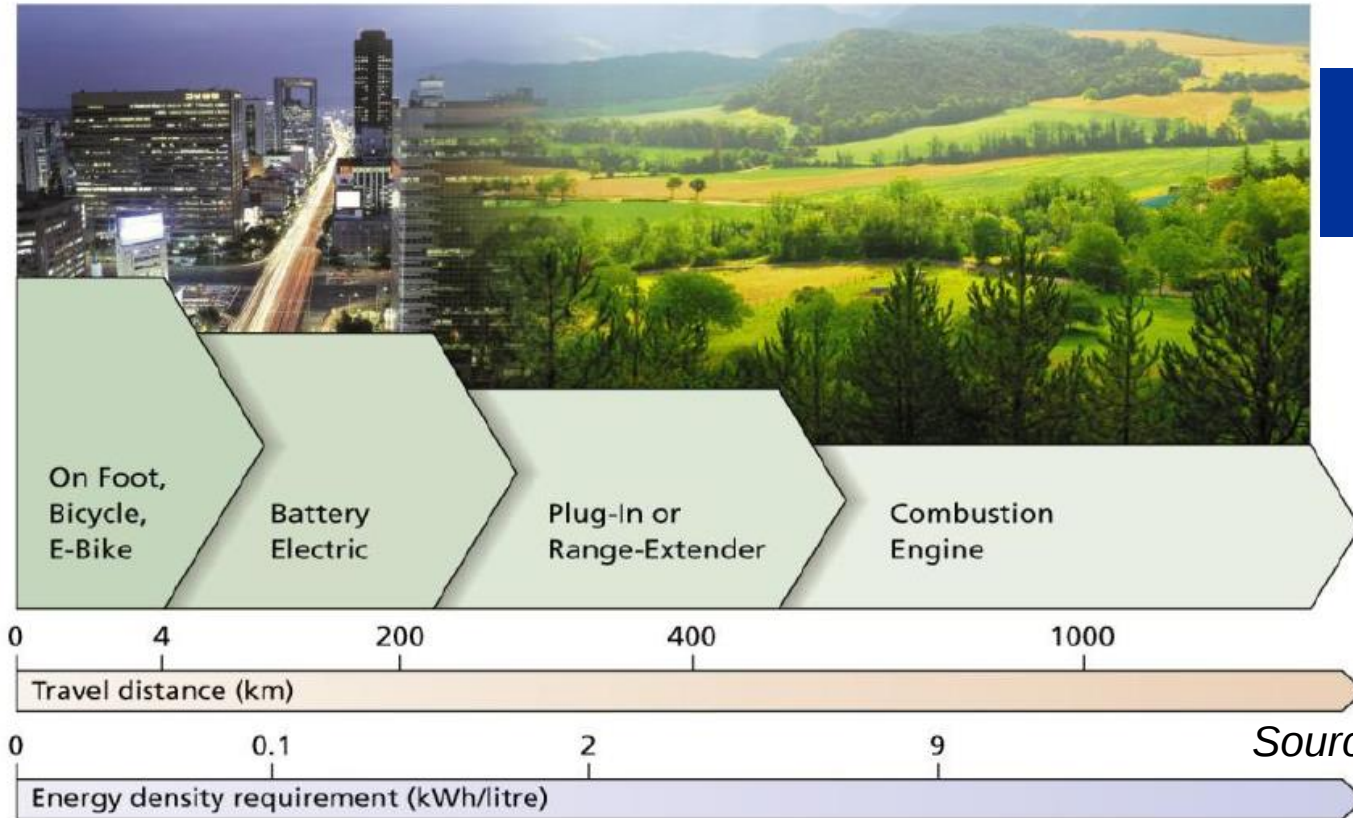
- Améliorer l'efficacité énergétique des système de transports par 50%:



- Augmenter l'efficacité énergétique des moteurs pour les véhicules et systèmes de transport
 - Meilleur usage et promotion des moyens de transports alternatifs et des transports en commun, en particulier dans les villes
 - Améliorer l'usage en utilisant les possibilités nouvelles offertes par les technologies de l'information (V2I, V2V)
-
- Augmenter la part des énergies renouvelable dans les systèmes de transport
 - Bio carburants et gaz naturel
 - Sources d'énergie renouvelable via l'électricité verte dans les véhicules du même nom



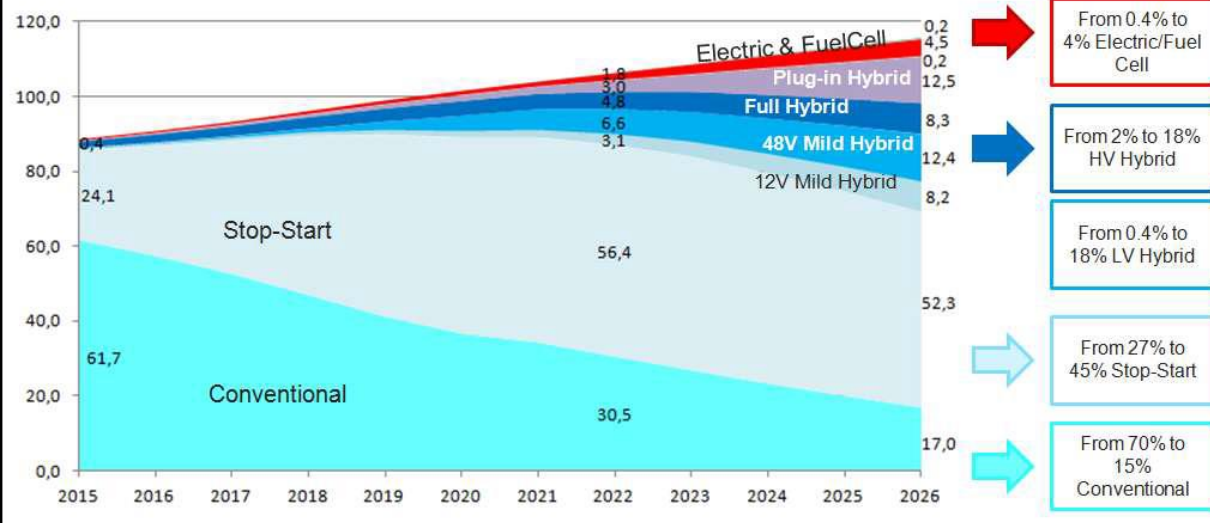
LES OBJECTIFS POUR L'EUROPE EN 2030 – 50% D'EFFICACITE EN PLUS



VERS L'ELECTRIFICATION

Electrification – Worldwide

Vehicles <6T



Source: VALEO

■ EV:

- Réseau de recharge ultra rapide
- Nouvelles batteries pour plus de kWh/kg?
- OEM investissent dans les batteries pour garder le contrôle du groupe motopropulseur?



■ Glissement dans les motorisations:

- Le Diesel chute mais reste dans véhicules *low cost* et les marchés émergents
- Le Stop-Start sur le marché USA
- Les VE gagnent du terrain
- Les Hybrides Plug In s'imposent dans les premiums

VÉHICULES ELECTRIQUES



VEHICULE ELECTRIQUE



■ Avantages

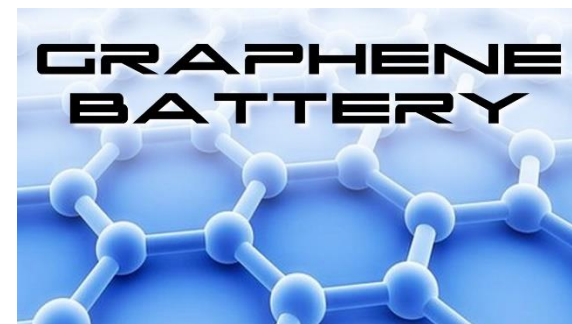
- Bien adaptée à un usage urbain
 - Zéro pollution locale
 - Grand confort de conduite
- Bonne efficacité énergétique
 - Prix de l'énergie plus faible : 20 kWh/100 km

■ 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 mais en croissance
- Fiabilité à améliorer

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...



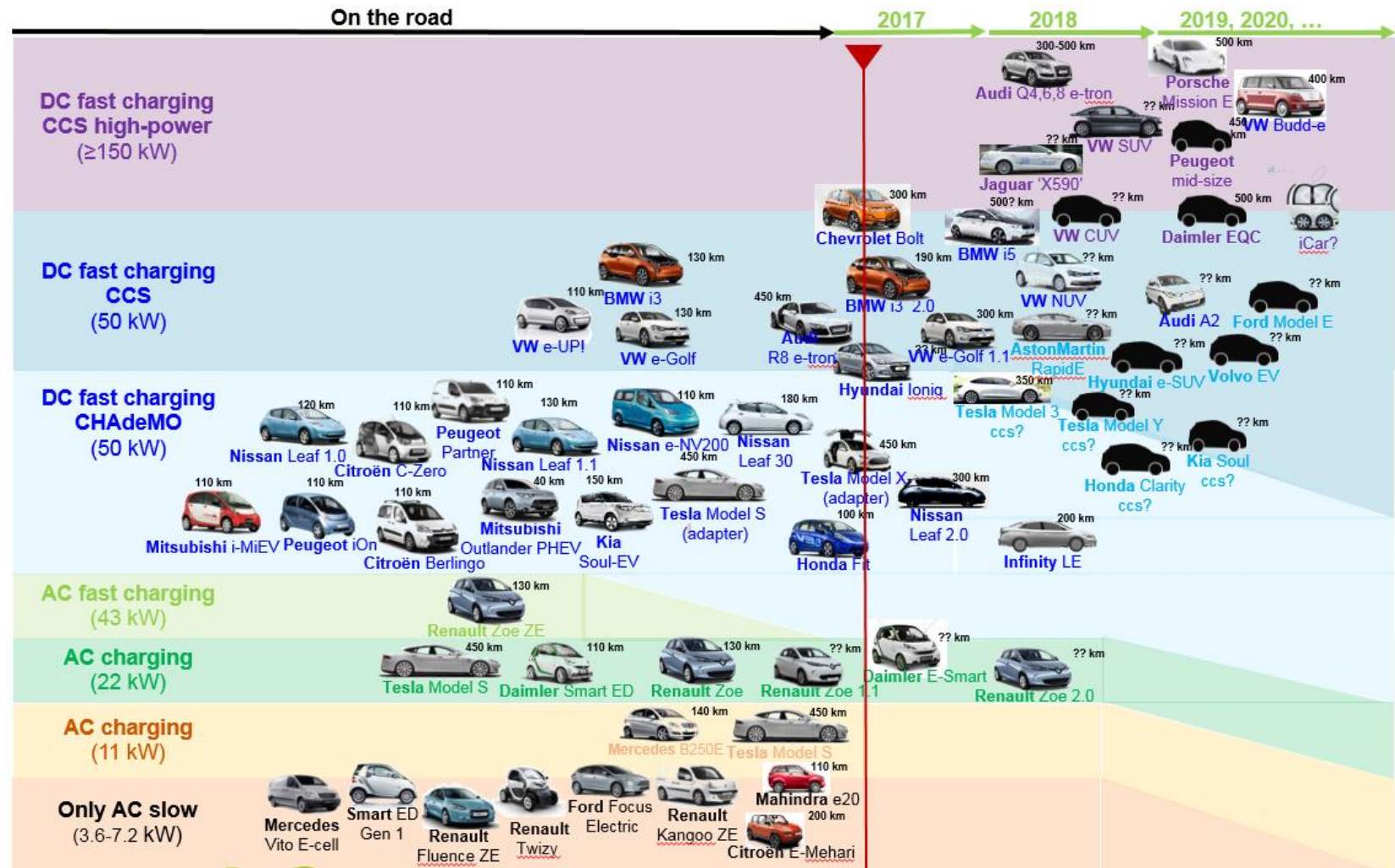
Smart EV



Tesla

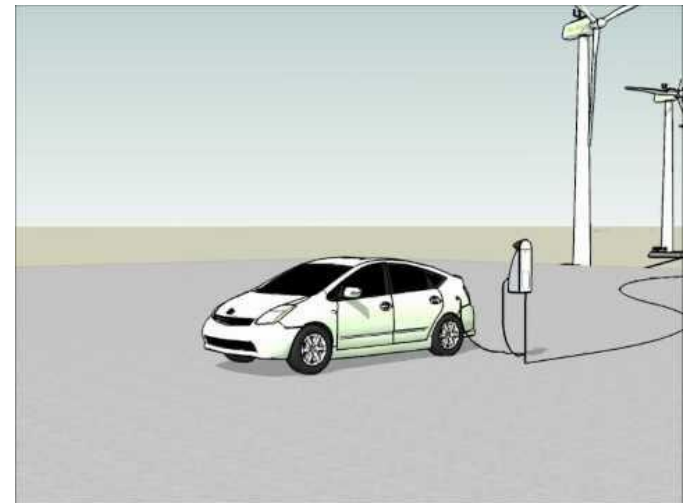
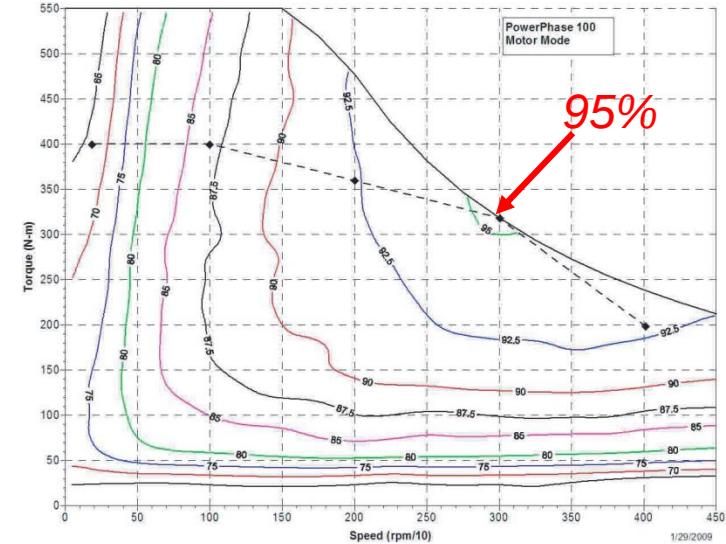


LES VEHICULES ELECTRIQUES: SITUATION ACTUELLE



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%!
- Remarque: Véhicule thermique: 12% en trafic congestionné, 20% sur autoroute



Evolution des batteries et systèmes de stockages d'énergie

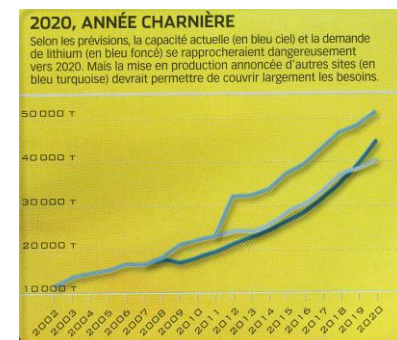
	Spec. En. [Wh/kg]	En. Dens. [Wh / l]	Spec. Pow. [W /kg]	# Cycles [Cycles]	Cost [\$/kWh]
VRLA	30-45	60-90	200-300	400-600	150
Ni-Cd	40-60	80-110	150-350	600-1200	300
Ni-Zn	60-65	120-130	150-300	300	100-300
Ni-MH	60-70	130-170	150-300	600-1200	200-350
Zn-Air	230	269	105	NA	90-120
Al-Air	190-250	190-200	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

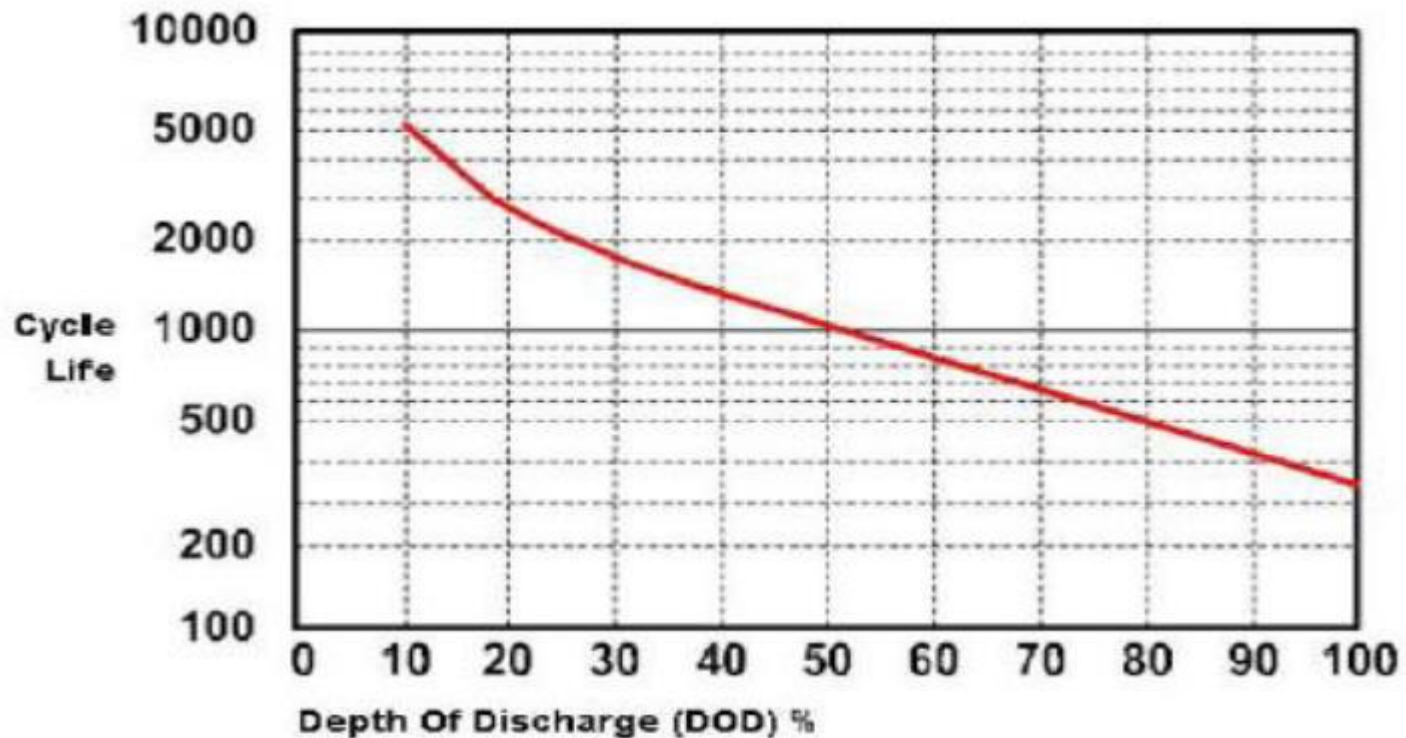
Les 6 défis des batteries

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



Effet de la profondeur de décharge

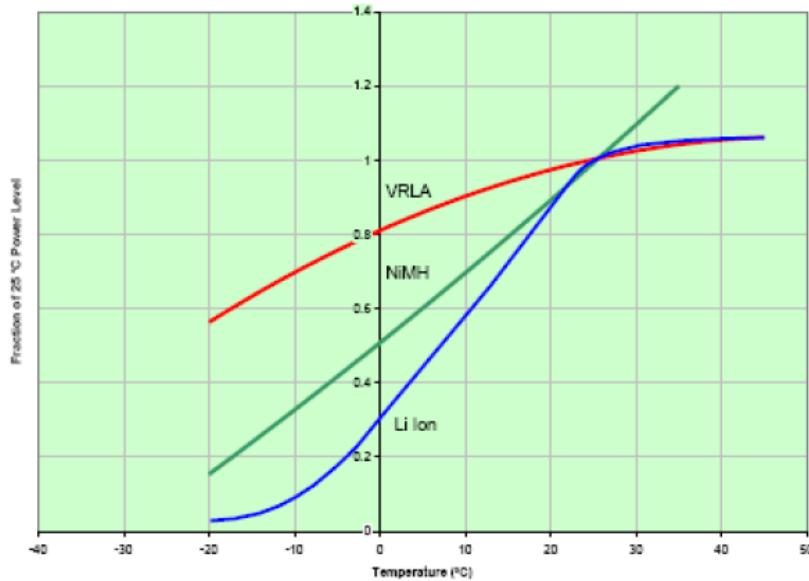
- Les décharges profondes endommagent les batteries et diminuent significativement la durée de vie



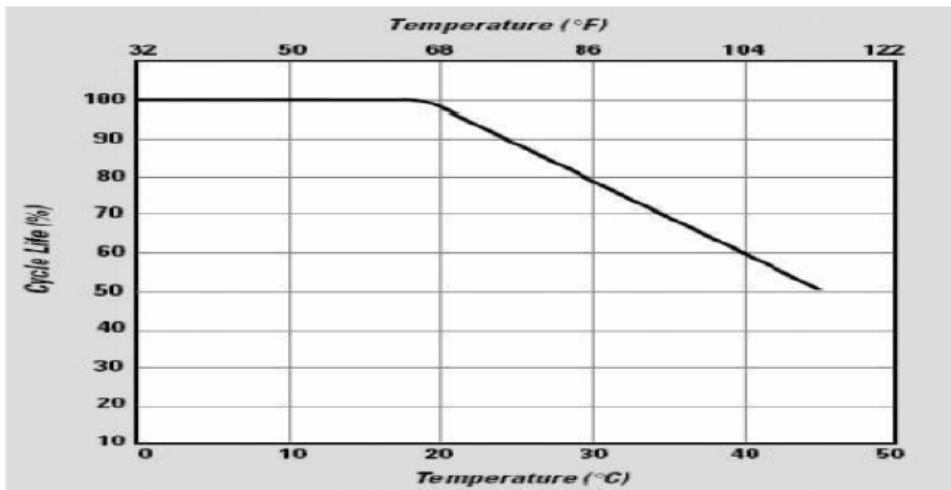
L. Serraro, Z. Chehab, Y. Guezennec and G. Rizzoni, An Aging Model for Ni-MH Batteries for Hybrid Electric Vehicles, IEEE VTS Vehicle Power and Propulsion Conference, July, 2005.



Effet de la température



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



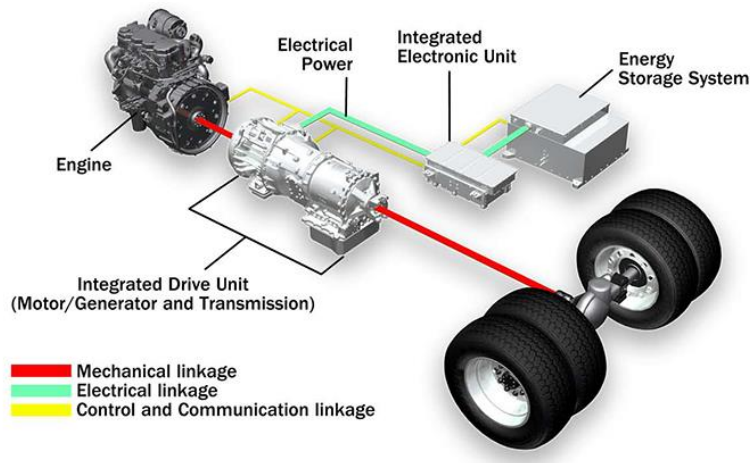
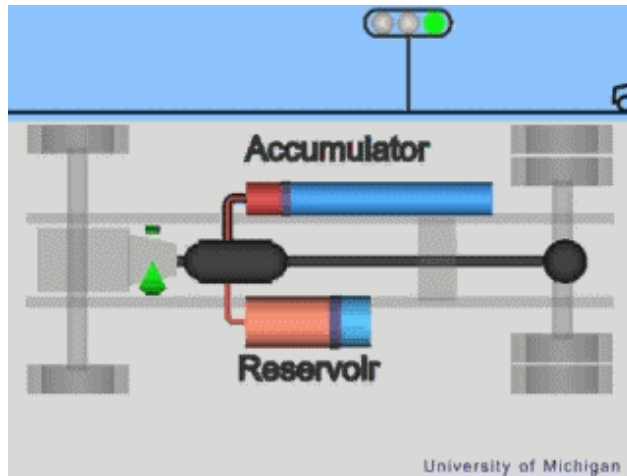
- La batterie doit être finement régulée en température. Un fonctionnement à haute température dégrade fortement la durée de vie



LE VEHICULE HYBRIDE



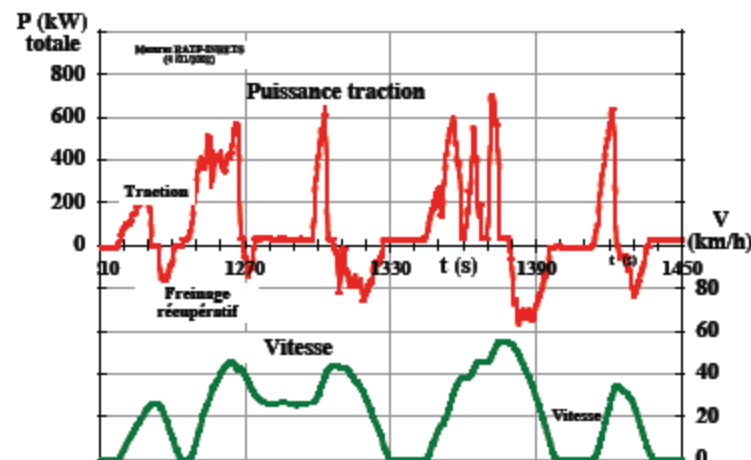
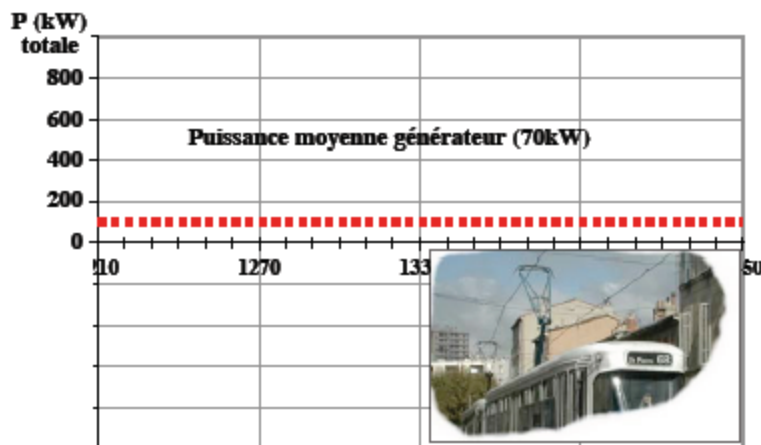
LE CONCEPT D'HYBRIDATION



- Les véhicules hybrides combinent **deux sources d'énergie, de stockage et de motorisation.**
- Les HEV mélangent les avantages et mitigent les inconvénients des deux systèmes de propulsion:
 - Système de propulsion électriques : mode zéro émission mode, confort de conduite urbaine
 - Moteur à combustion interne: **autonomie**, recharge rapide, etc.

LE CONCEPT D'HYBRIDATION

- Améliorer l'efficacité énergétique face à la très grande variabilité des conditions de fonctionnement (puissance, couple, régime)
 - Récupérer (partiellement) l'énergie du freinage
 - Stockage dans l'accumulateur → Lissage des pics de puissance
 - Eviter les phases les plus défavorables de fonctionnement
 - → Réduction taille du moteur



Source G. Coquery, INRETS

VEHICULES HYBRIDES ELECTRIQUES



Toyota Prius



Lexus RX400h



Honda Civic



Hyundai Ioniq

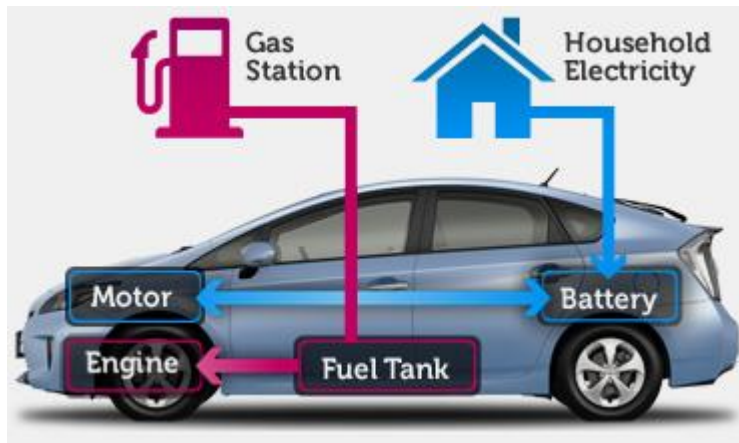
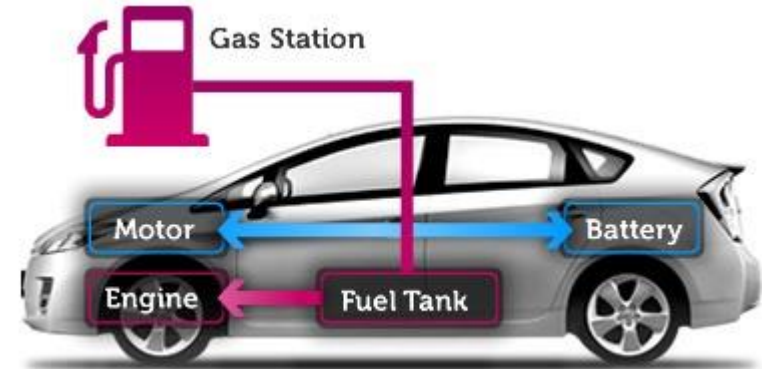


Le succès commercial est en train de venir (e.g. Toyota Prius II, Honda Insight, Lexus RX400h, Chevrolet VOLT, VW GTE...)

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

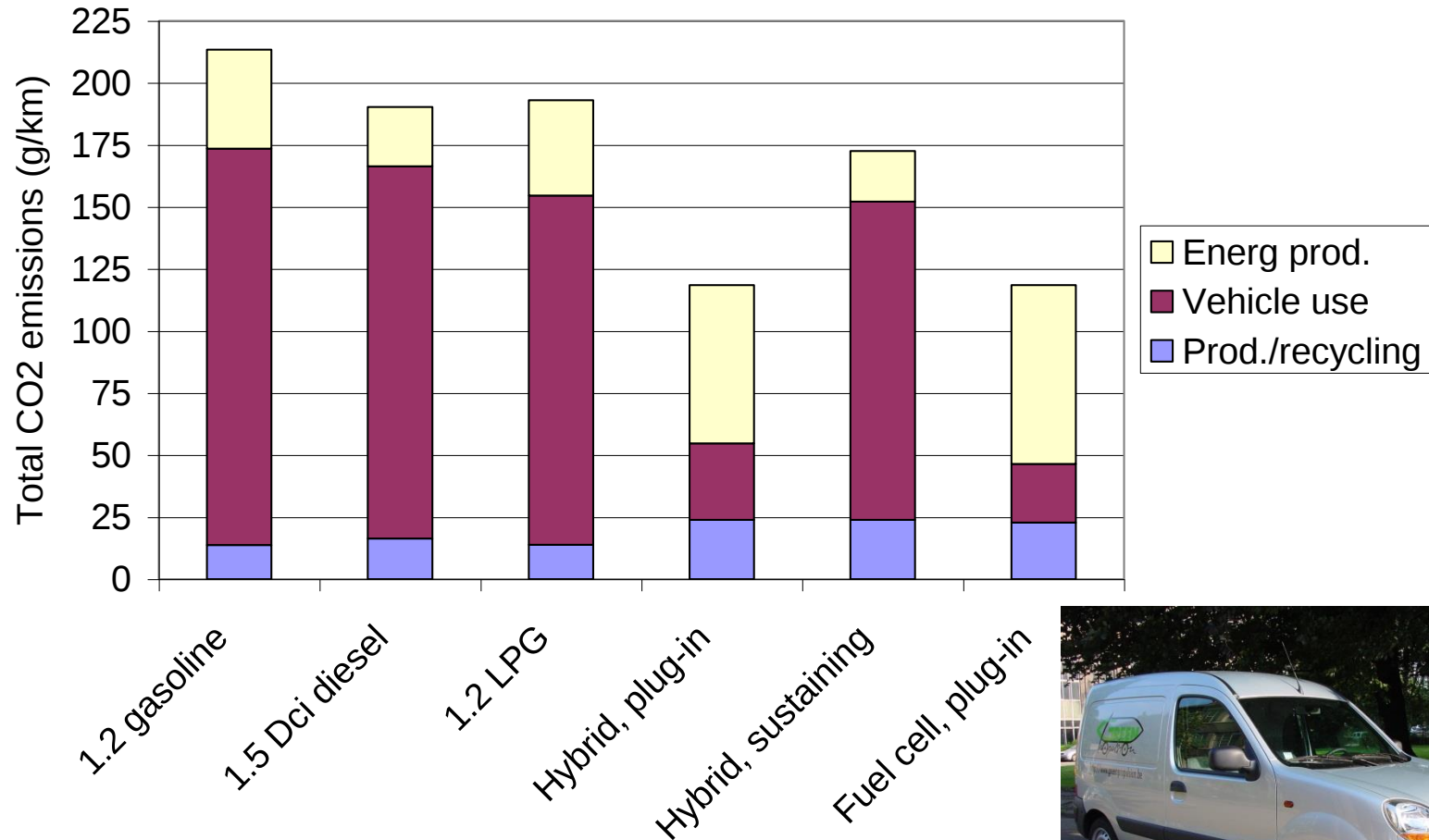


VW Passat GTE



Porsche Cayenne S E Hybrid

DE L'UTILITE DE RECHARGER A LA PRISE



Source: www.greenpropulsion.be

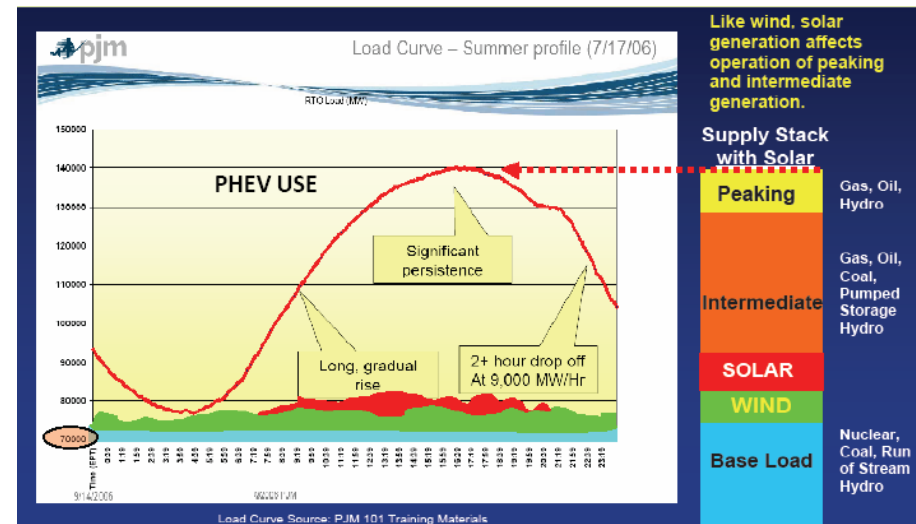
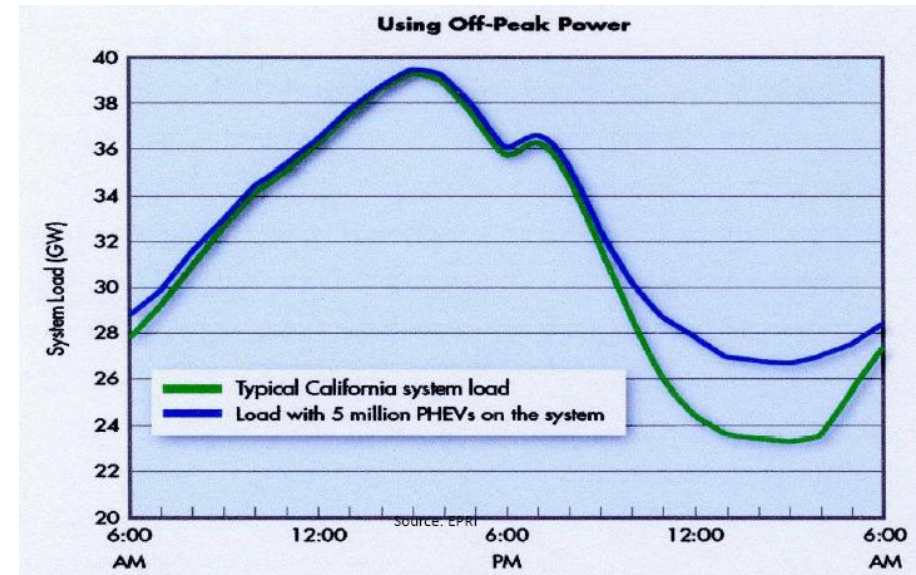


Renault Kangoo Hybrid
Green Propulsion

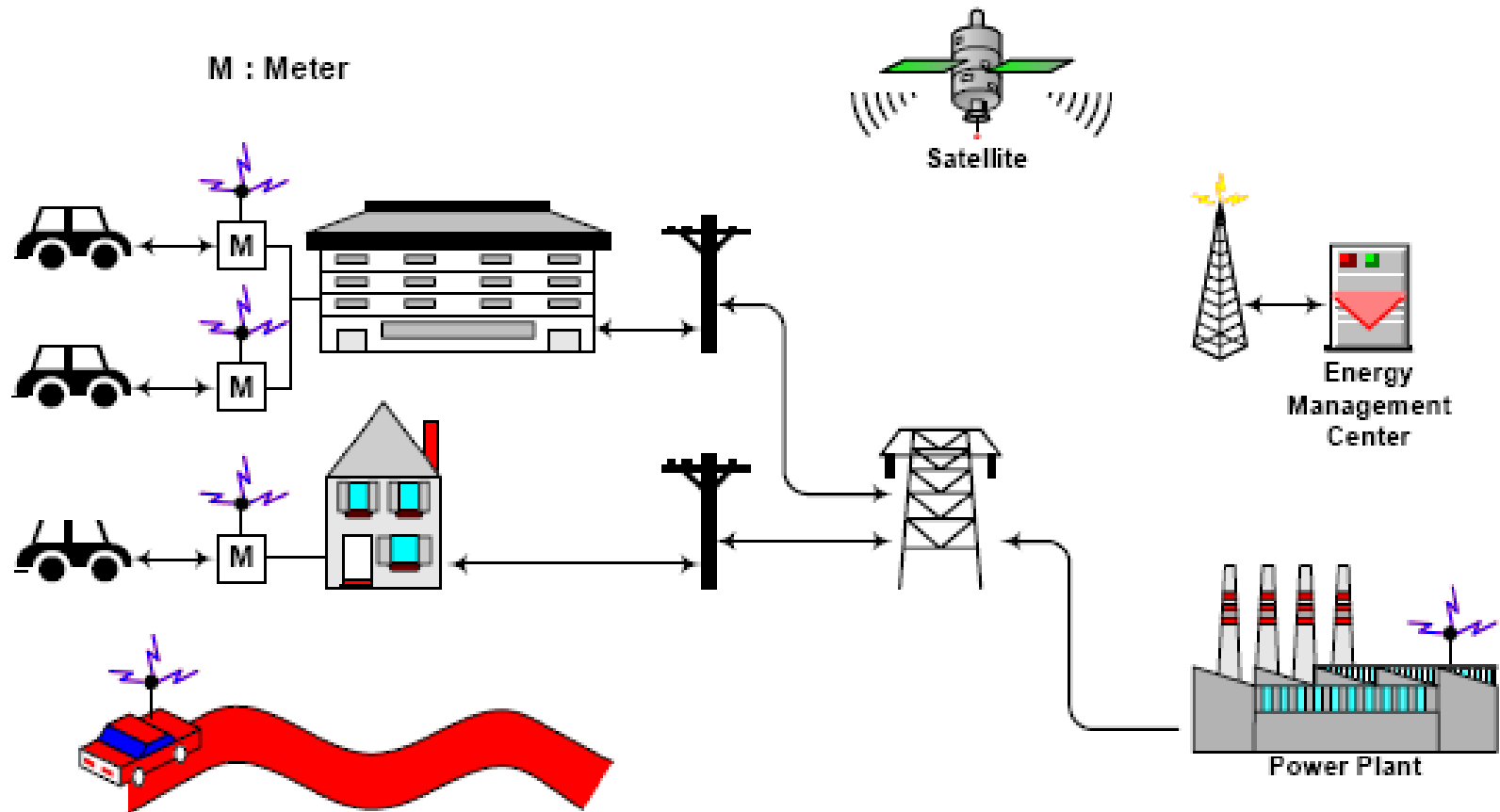


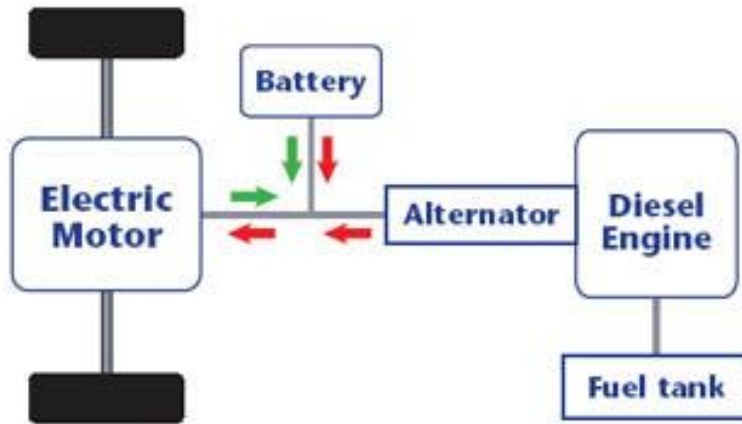
INTEGRATION DU VE ET DU PHEV DANS LE RESEAU ELECTRIQUES

- Le courant de nuit est le carburant du véhicule électrique
- Les batteries des véhicules électriques et des hybrides rechargeables constituent une réserve massive d'énergie électrique pour passer les pics de demande



INTEGRATION DU VE ET DU PHEV DANS LE RESEAU ELECTRIQUES





- 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%

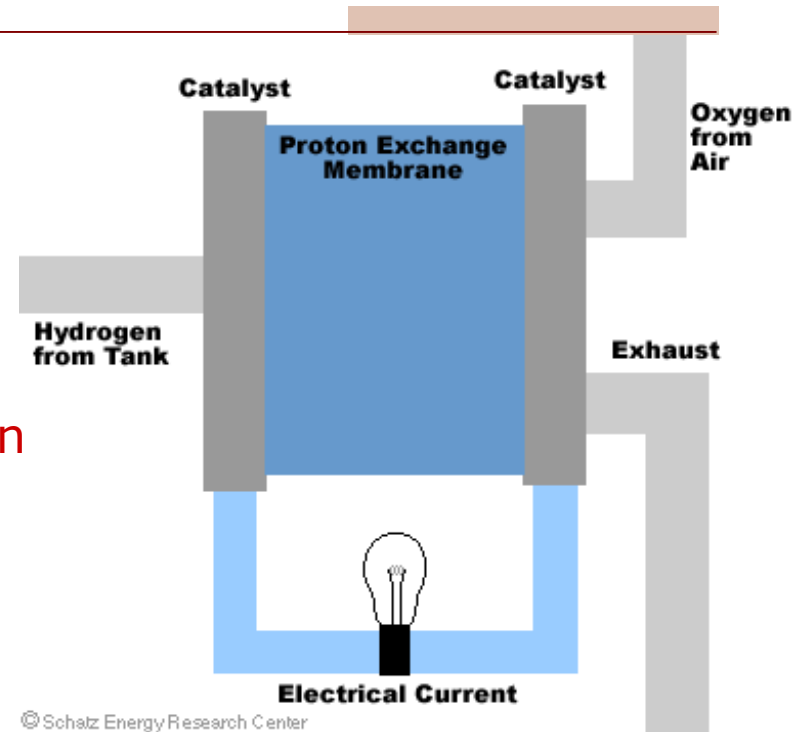


LE VÉHICULE À PILE À COMBUSTIBLE



PILES A COMBUSTIBLE: C'EST QUOI?

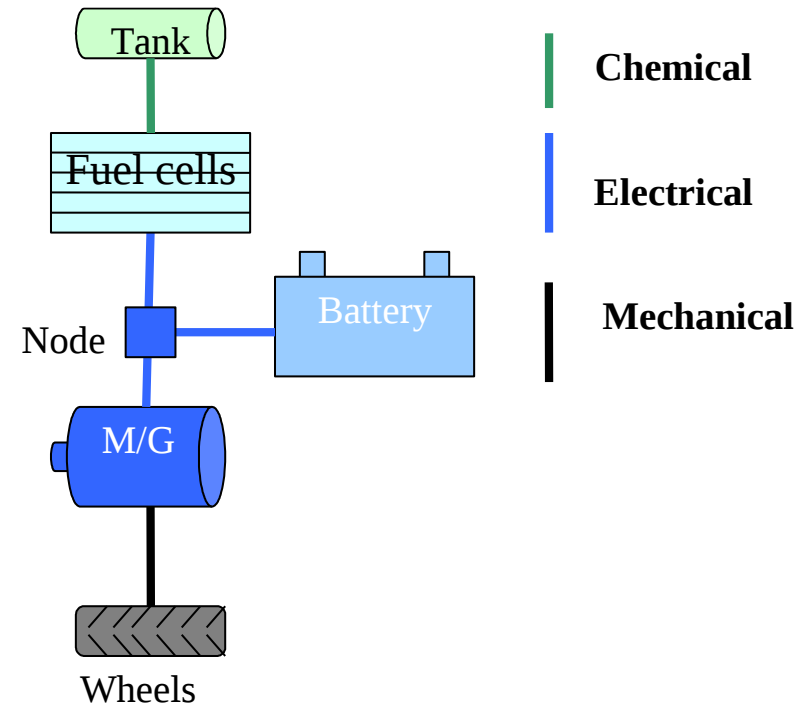
- Système de **conversion directe** de l'énergie d'un combustible en électricité
- Réaction électrochimique (oxydo-réduction) **sans flamme**
- La pile à hydrogène $H_2 - O_2$: **réaction inverse de l'électrolyse de l'eau**
- Réactifs amenés en continu
- Rendement élevé (>50%)
- Questions importantes: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



Viessmann-Panasonic domestic FC

VEHICULES A PILES A COMBUSTIBLE

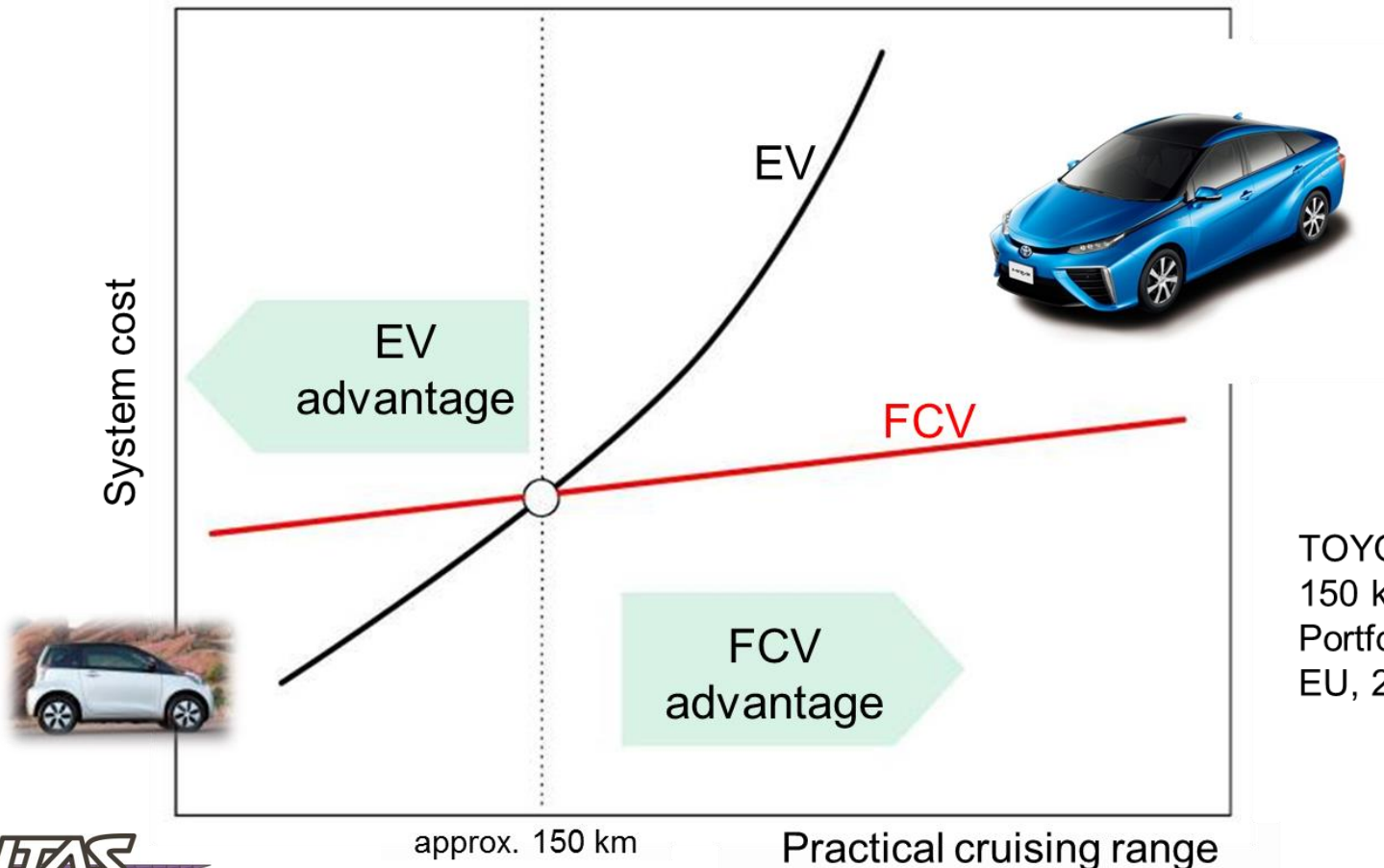
- Véhicule zéro émission:
 - Pas d'émission de polluant hormis H₂O
 - Fonctionnement quasi silencieux
- Système de propulsion basé sur une **architecture hybride série**
 - Stockage de puissance via batteries ou super Capacité
 - Récupération d'énergie de freinage
 - Autonomie supérieure à 500 km
- Production, distribution et stockage de l'hydrogène
 - H₂ ou plug-in hybrid sur le réseau



Toyota Mirai



- Pourquoi investir dans les véhicules pile à combustible ?
→ Autonomie et coût !

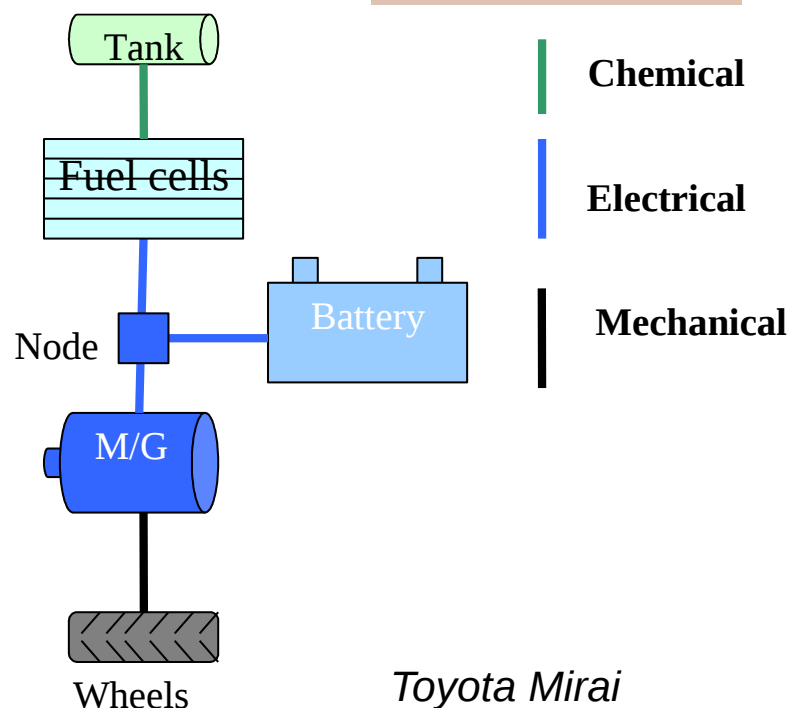


TOYOTA estimation:
150 km, Joint study on a
Portfolio of Powertrains for
EU, 2010: 140 km

Source: Toyota

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 H_2 (reformage du CH_4) : 80%
 - Total : 36%



Toyota Mirai



EST CE QUE L'HYDROGÈNE EST CARBURANT SUR?



Plus léger que
l'air et très
volatile

*Simulation d'une fuite de carburant. Dr. Michael Swain.
Expérience d'une fuite d'essence ou d'hydrogène conduit à
University of Miami à Coral Gables.*



Réservoir
percé en $t=0$
sec.

Ignition du
fuel après
 $t=3$ sec.

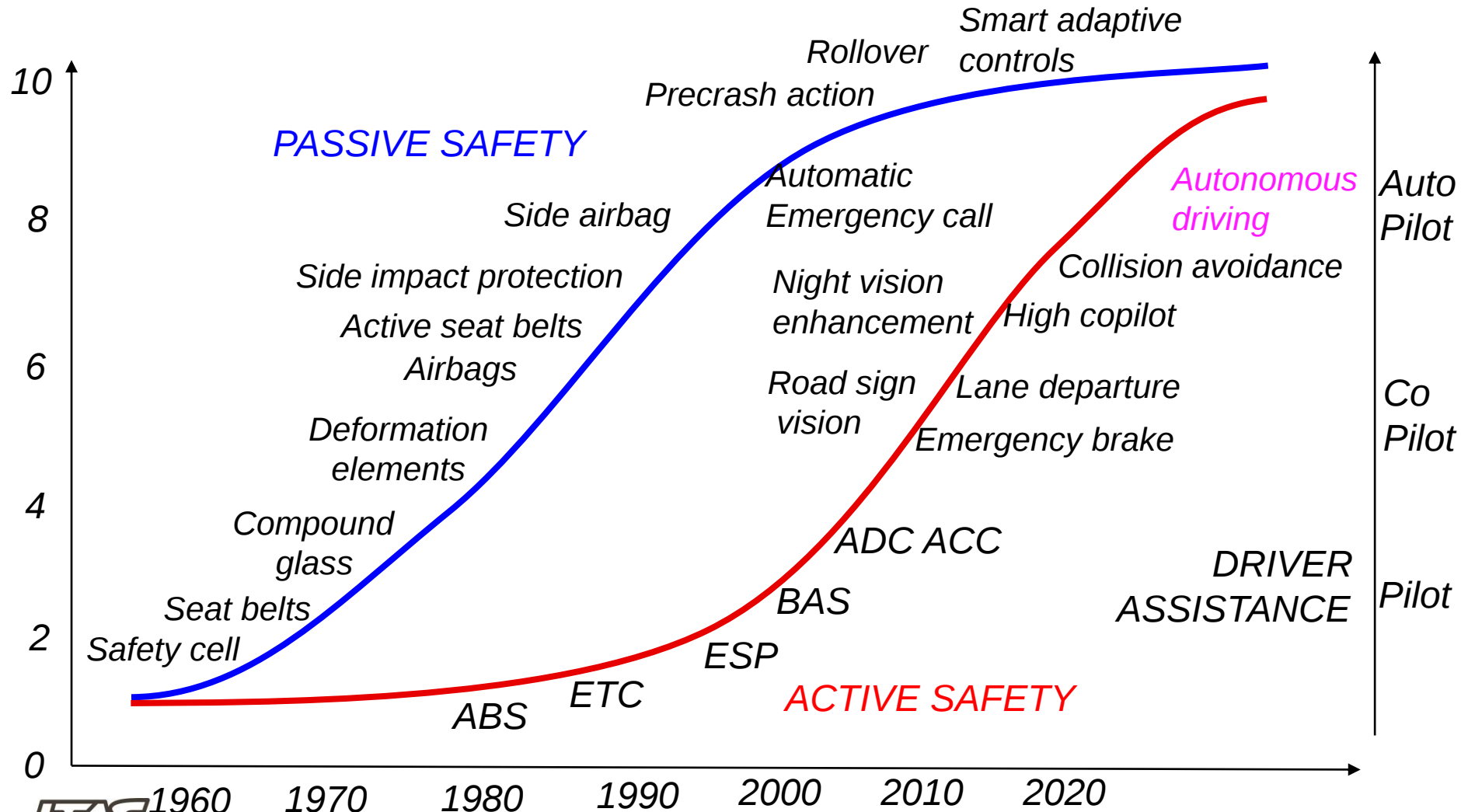
Réservoir en
feu après 60
sec.



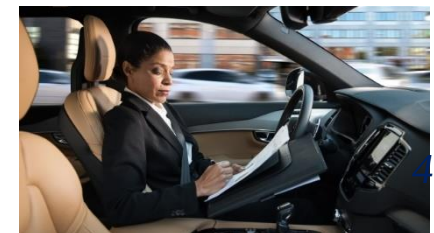
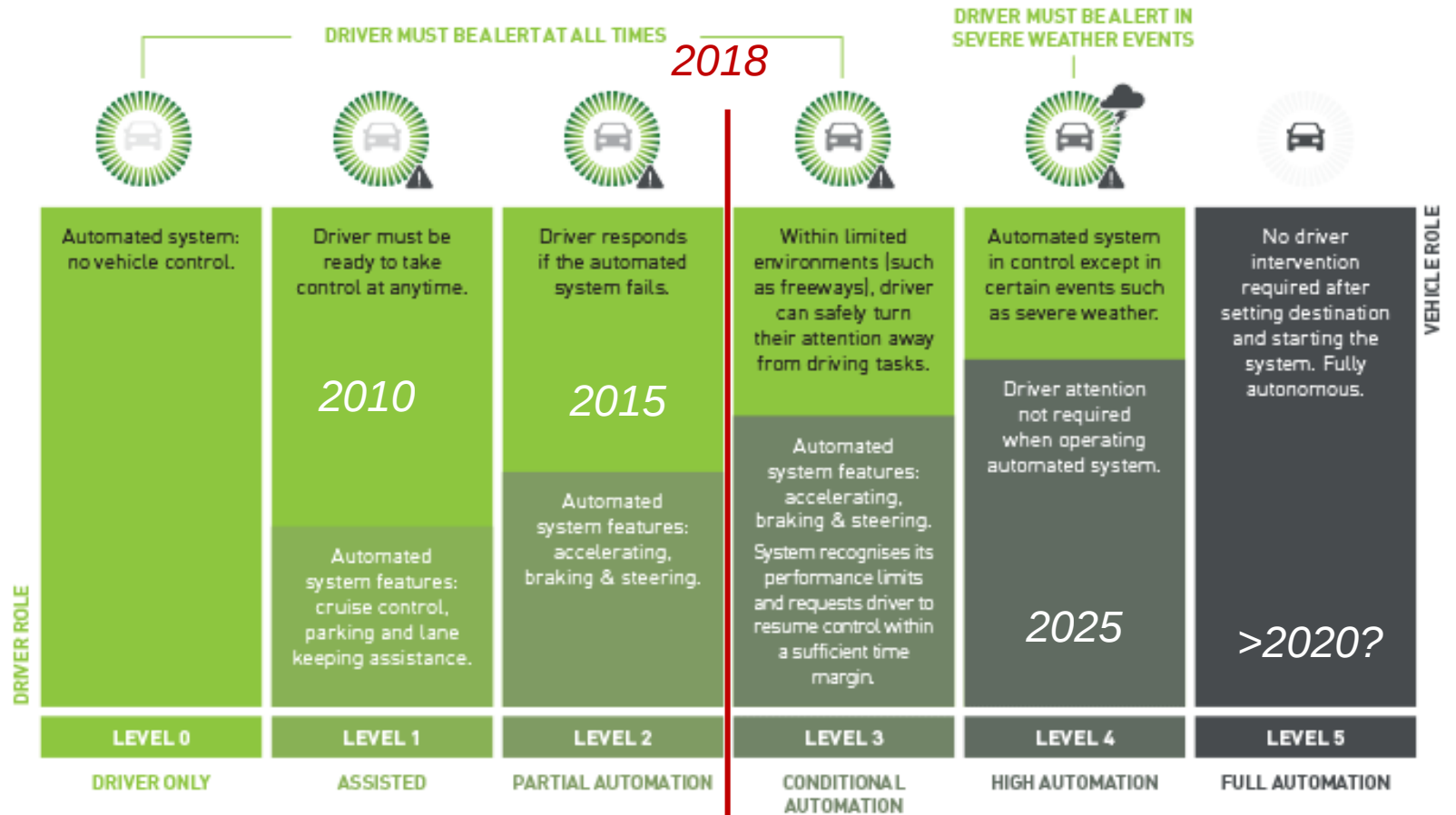
LES VEHICULES AUTONOMES (ELECTRIQUES ET PARTAGES)



VEHICULES AUTONOME: UNE EVOLUTION

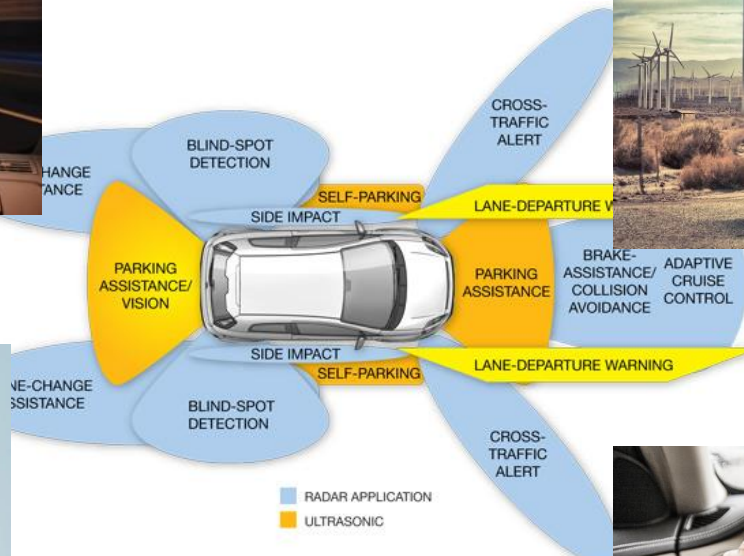


VEHICULES AUTONOMES



VEHICULES AUTONOMES

- Les technologies clés des véhicules autonomes:
 - Intelligence artificielle (AI), Le Machine Learning,
 - Vision robotique, robotique mobile...
- Arrivée de nouveaux acteurs: Google, Apple...



Several driver-assistance systems are currently using radar technology to provide lane departure warning, parking assistance, collision avoidance, and other driver aids (courtesy of



VEHICULES AUTONOMES : ETAT DE LA SITUATION

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



VEHICULE AUTONOME ELECTRIQUE ET PARTAGE

Ownership

Service



Autonomous Driving

Personal mobile living space



Traditional Car Market

Manual Driving



Mobility on Demand



Mobility Providers

Car Manufacturers

- Changement de modèle de déplacement
- Lien différent à l'objet automobile
- Basculement vers l'usage et plus la possession
- Concept de *Mobility As A Service* (MAAS)
- Nouveaux modèles d'affaire

Mobility As A Service (MAAS)

■ Les révolutions de la mobilité



ou



LAB
BOX

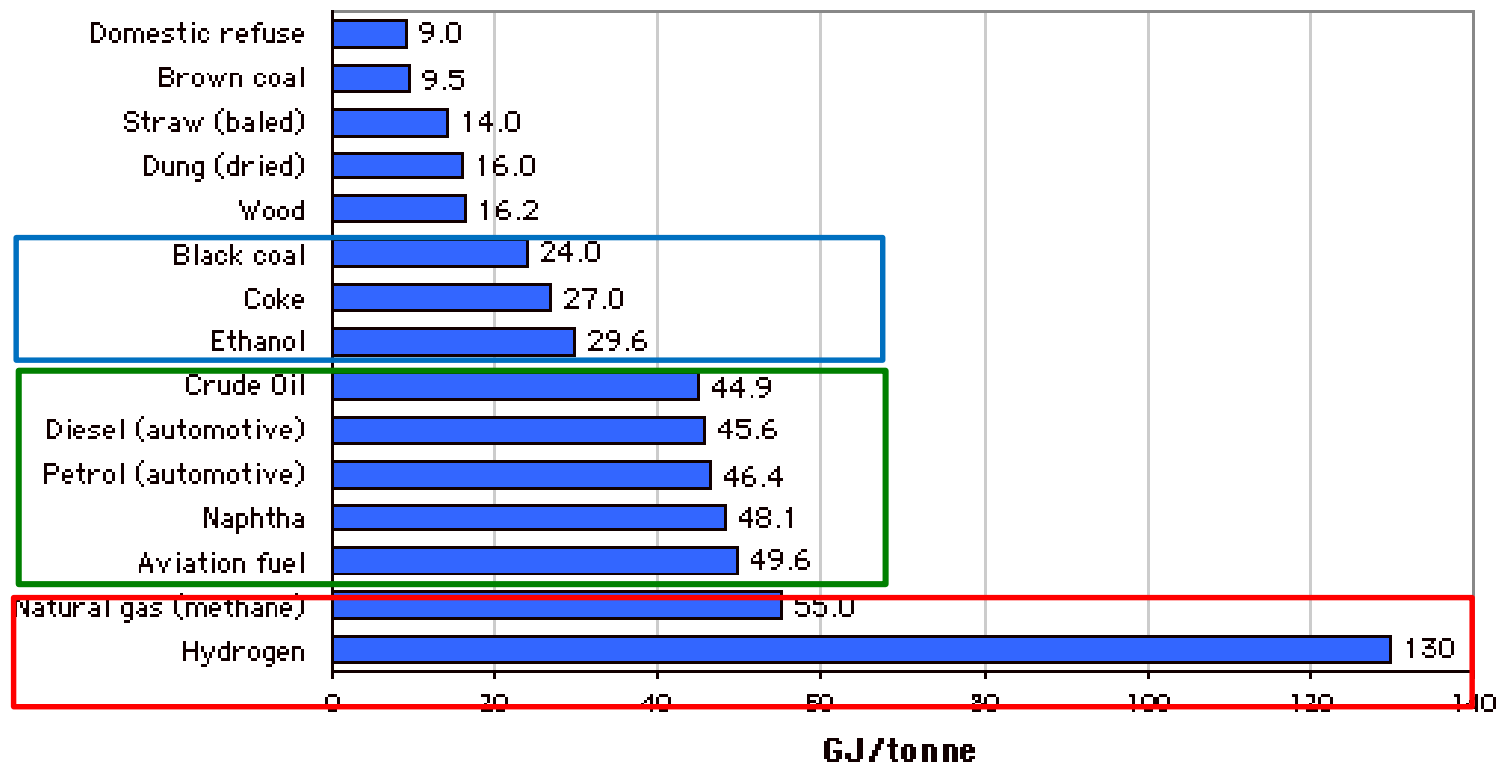


LA TRANSITION AVEC LE GAZ NATUREL



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

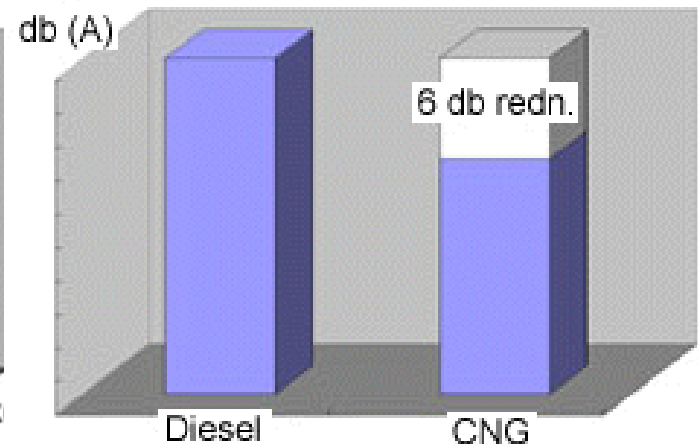
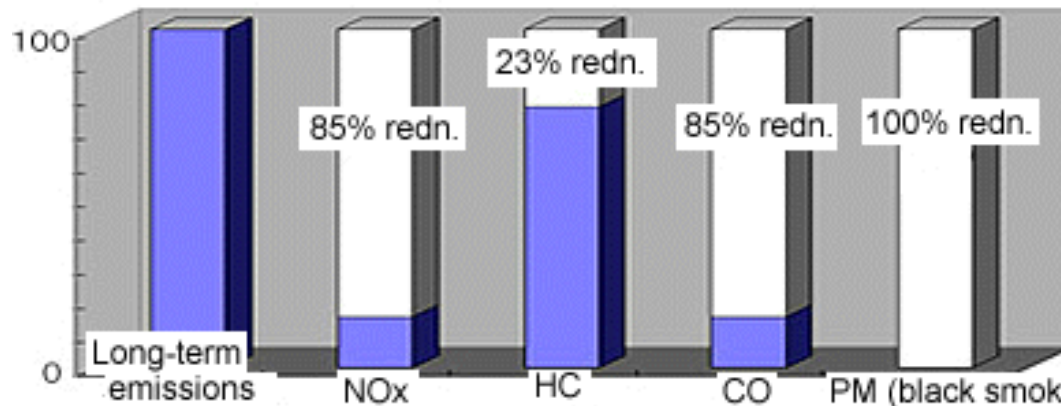


■ Le rendement du moteur au CNG permet de réduire les émissions

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



IVECO Stralis Cursor 11



GAZ NATUREL (CNG & LNG)



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

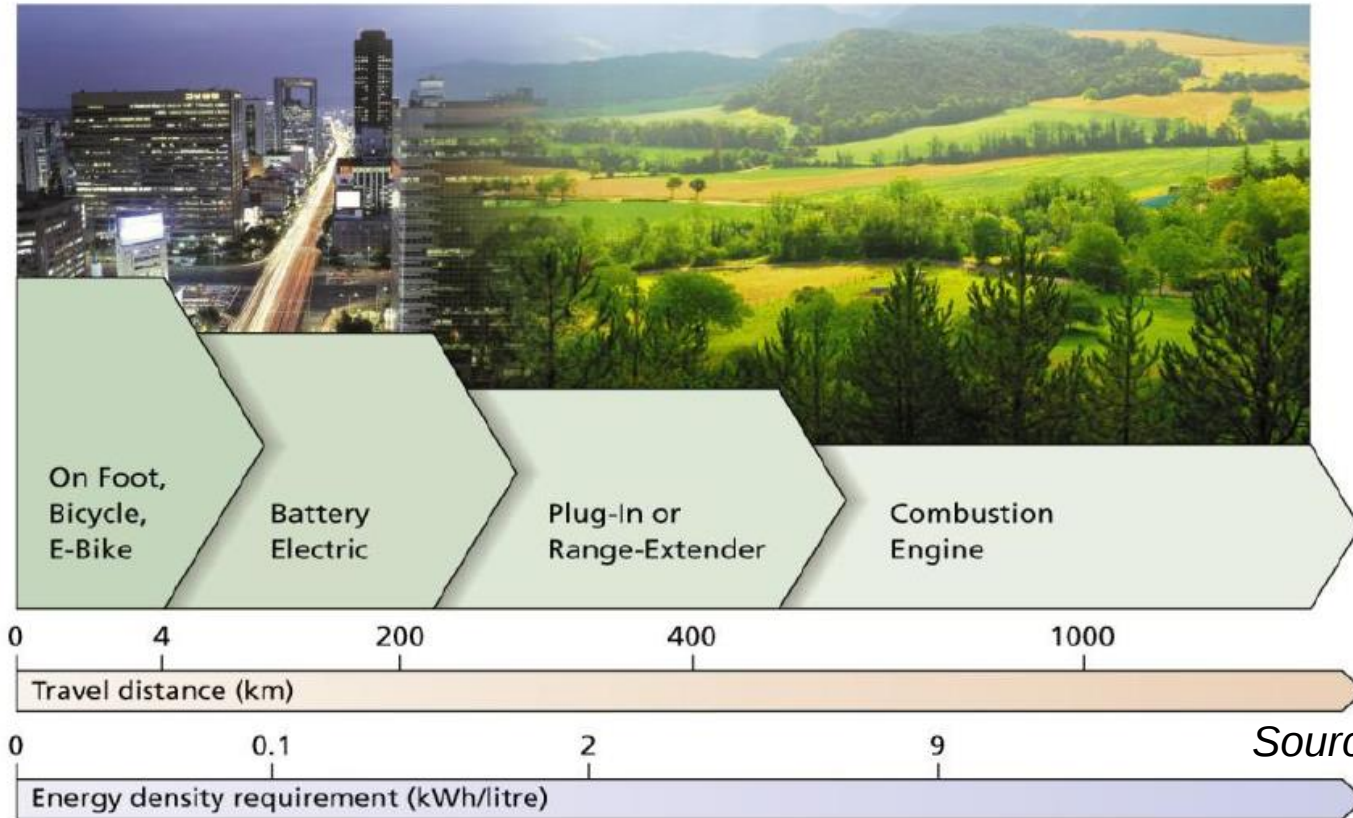
Questions à résoudre

- Emissions de CH₄ et développement de post traitements spécifiques
- Station de remplissage: toujours en construction : 68 stations en Belgique, principalement en Flandres
- CNG (200/350/800 bar) Volume par unite d'énergie est toujours élevé → Autonomie limitée à 300 à 400 km
- 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

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES



SOLUTION OPTIMISEE DEPEND DU PROFIL DE L'UTILISATEUR



- Les tendances globales poussent l'industrie automobile vers de Nouvelles solutions:
 - Efficacité énergétique et pollution → Electrification du groupe moto propulseur
 - Big data, AI, Robotique → Véhicule autonome
 - Démographie, urbanisation → Nouveaux concepts de mobilité
- La VOITURE DU FUTURE sera
 - ELECTRIQUE
 - AUTONOME
 - PARTAGEE
 - ACCESSIBLE VIA UNE APPLICATION + MOBILE
 - CONNECTEE
 - RECYCLEE
 - ULTRA LEGERE et
 - PERSONNALISEE...



- Diesel:
 - Chute certaine sauf dans solution bas coût et les marchés émergents
 - Solution de transition avec le **gaz naturel** (CNG)
- Véhicules **électriques** purs:
 - Pénalisés par la masse de batteries
 - Usage urbain
 - Boostés par les contraintes croissantes sur la pollution (ex. Chine) et la réurbanisation des centres villes (Low Emission Zones)
- Augmenter l'autonomie => Hybridation ou Pile à Combustible?



■ Véhicules hybrides:

- Stop start généralisé
- Bloc 48V s'impose pour une électrification partielle ou modulaire
- Le Plug-In est nécessaire pour un vrai avantage environnemental
- Le Plug-In Hybrid s'impose pour les véhicules Premium

■ La Pile à Combustible

- Au coin de la rue
- Meilleure compromise pour prolonger l'autonomie du véhicule
- Nombreux problèmes à lever: station de remplissage, sécurité, durabilité?



CONCLUSIONS

- Augmenter l'autonomie => Hybridation ou Pile à Combustible?
- Véhicules hybrides:
 - Stop start généralisé
 - Bloc 48V s'impose pour une électrification partielle ou modulaire
 - Le Plug-In est nécessaire pour un vrai avantage environnemental
 - Le Plug-In Hybrid s'impose pour les véhicules Premium
- La Pile à Combustible
 - Au coin de la rue
 - Meilleur compromis pour prolonger l'autonomie du véhicule
 - Nombreux problèmes à lever: station de remplissage, sécurité, durabilité?



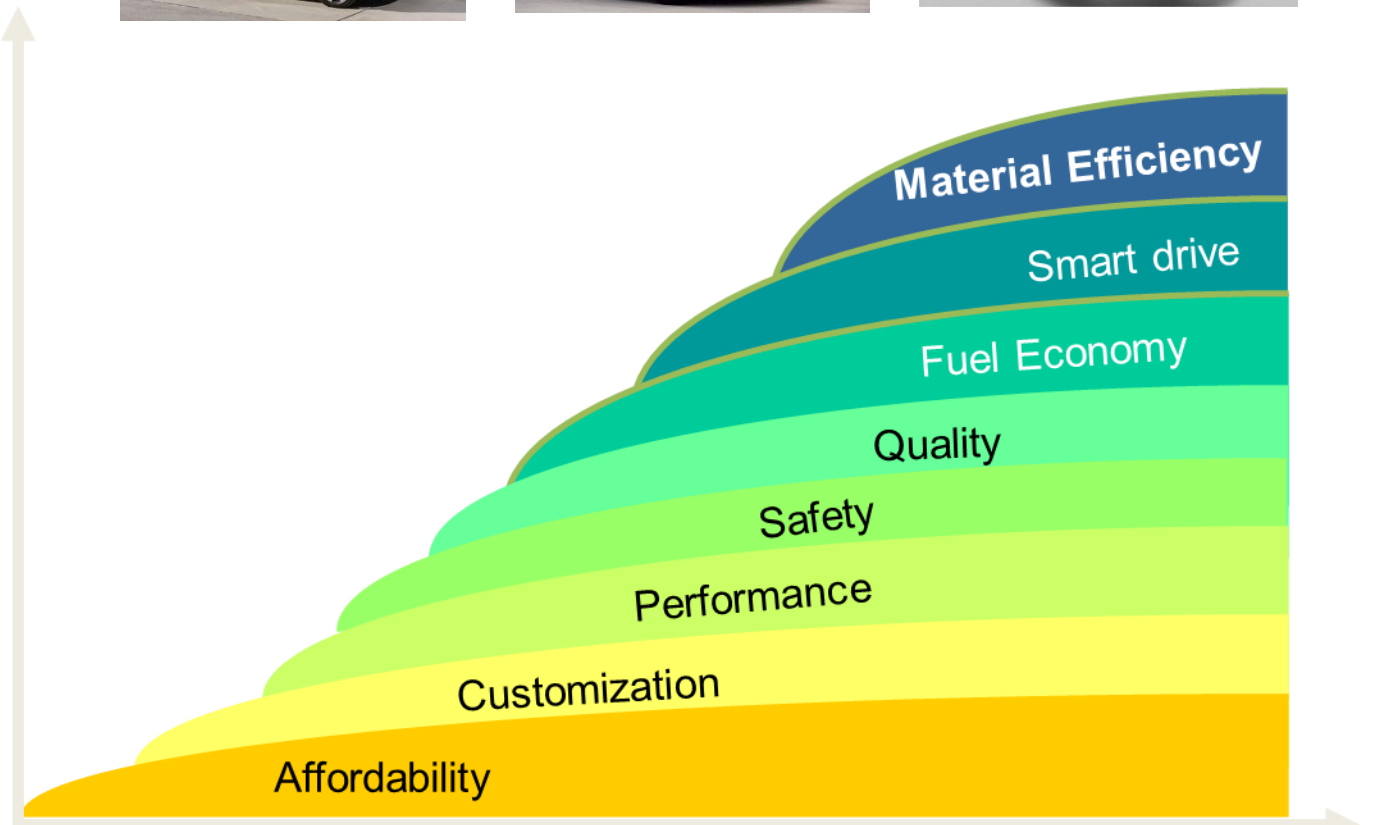
- Le véhicule **électrique et autonome** se profile
 - Efficacité maximale pour l'environnement si véhicule électrique et partagé
 - Sécurité routière
 - Nouvelles solutions et nouveaux business en gestation
 - Porte ouverte pour une transition vers le Mobility as A Service (MAAS)
- Défi de la gestion des matériaux:
 - Accessibilité et disponibilité des ressources
 - Recyclage
 - Light weight design, la nouvelle vague



LES PROCHAINS DEFIS: LE VEHICULE AUTONOME ET L'EFFICACITE DU MATERIAU



Automotive Mass Market demand



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

QUESTIONS



Pierre DUYSINX

LTAS - Automotive Engineering
Department of Aerospace and Mechanical Engineering
of University of Liège

Allée de la Découverte, 13A, building B52
4000 Liège Belgium

Email: P.Duysinx@uliege.be

Tel +32 4 366 9194

Fax +32 4 366 9159

url: www.ingveh.ulg.ac.be

