

**La propulsion hybride:**  
Une innovation clé  
pour le véhicule de demain.

Joseph Beretta



# Les grands challenges de demain:

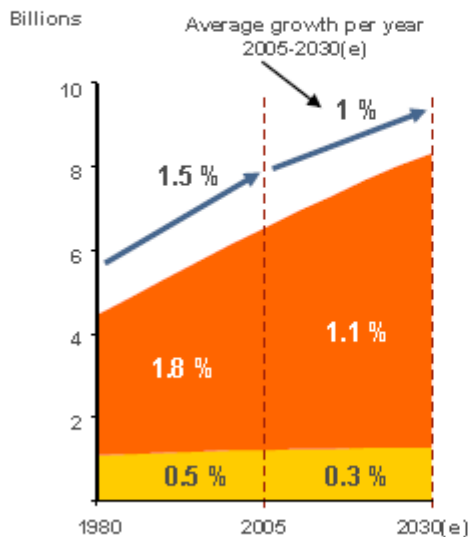


- **Qualité de l'Air**
- **Eau potable**
- **Ressources Primaires** (energies, mineraux,..)
- **Ressources alimentaires**
- **Biodiversité**
- **Réchauffement climatique**
- **sécurité**



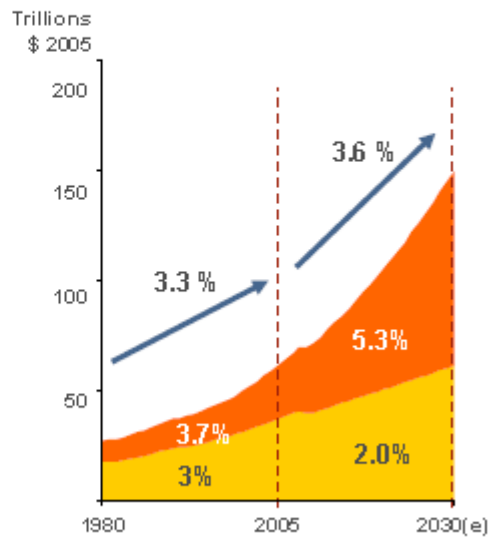
# Croissance de l'activité humaine 2008 - 2030

Population



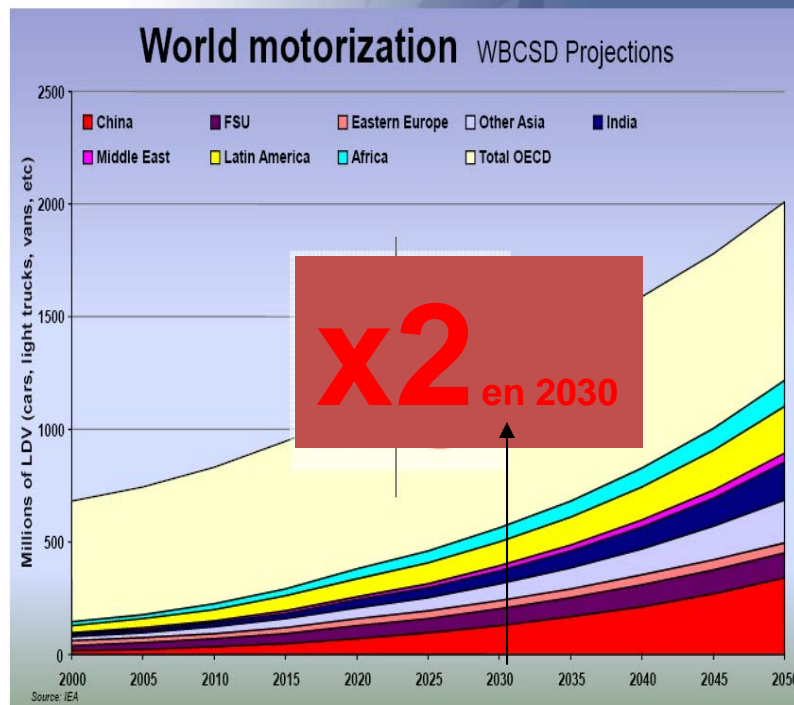
GDP

(purchasing power parity)



● OECD ● Non-OECD

## Parc automobile



Source : AIE

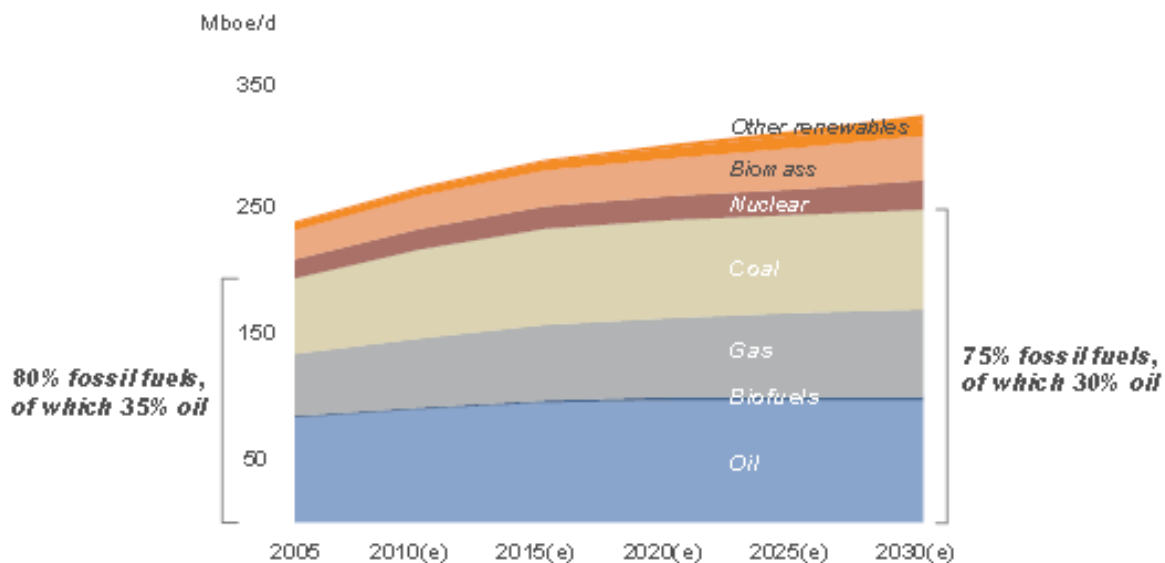
La croissance sera tirée par les pays non OCDE  
Le parc automobile x 2 en 2030



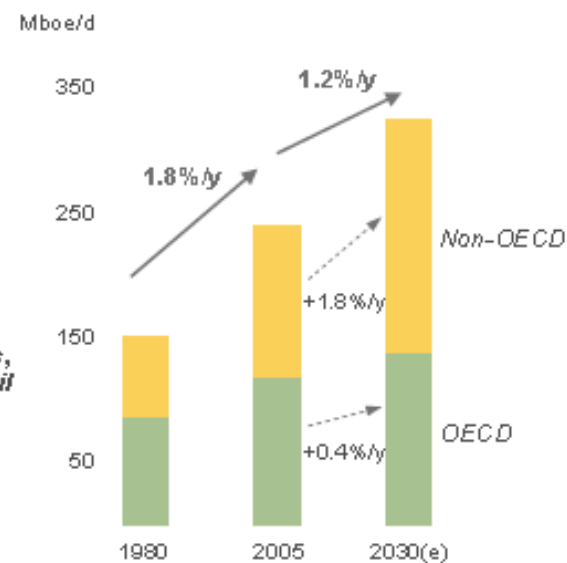
# Le besoin d'énergie

Demande mondiale d'énergie\*  
en millions bep/jour

Energy supply



Energy demand

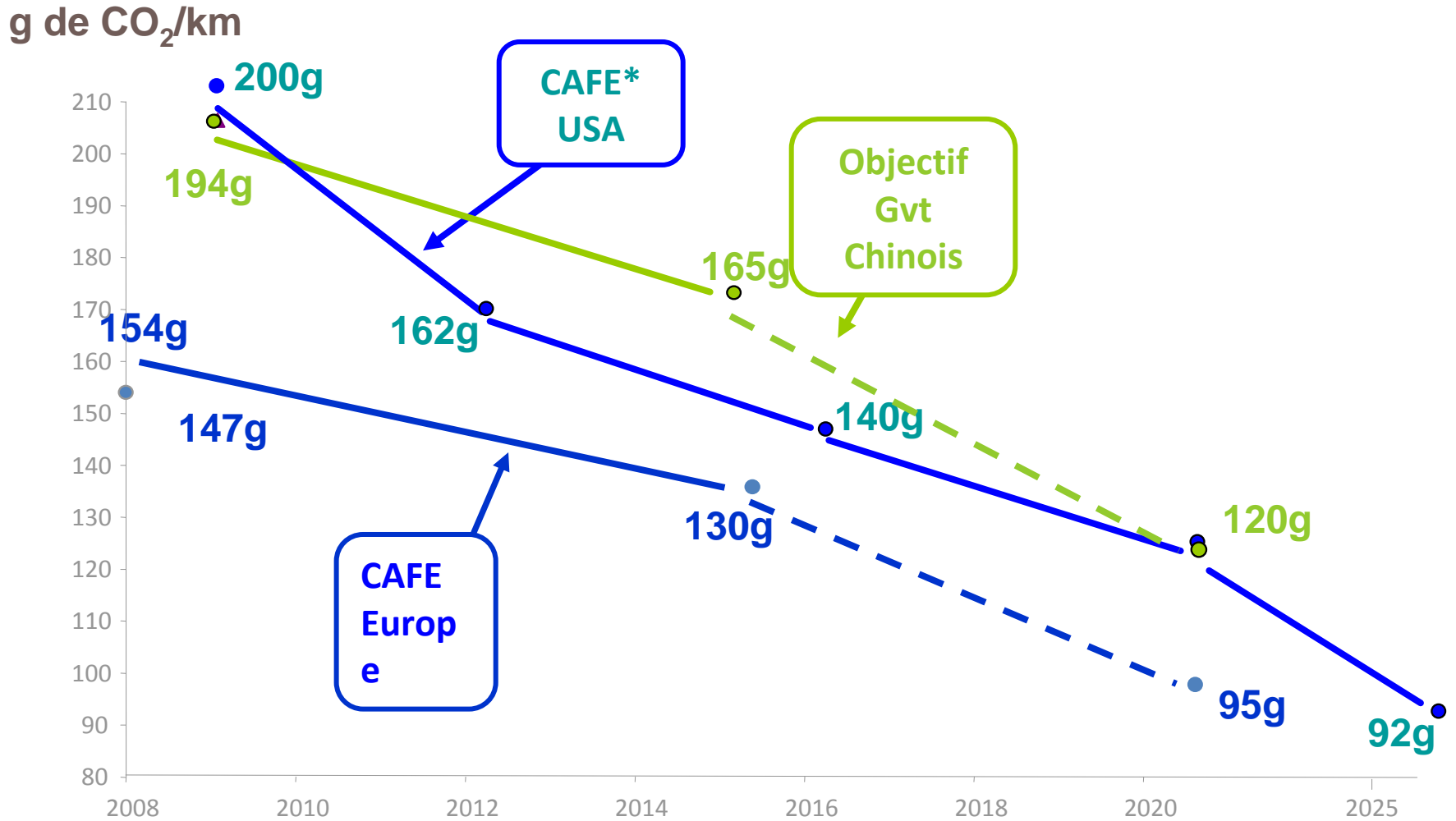


Les énergies fossiles représenteront encore au moins 75 % du mix énergétique mondial en 2030

Source total



# Des objectifs de réduction du CO<sub>2</sub> qui convergent au niveau mondial

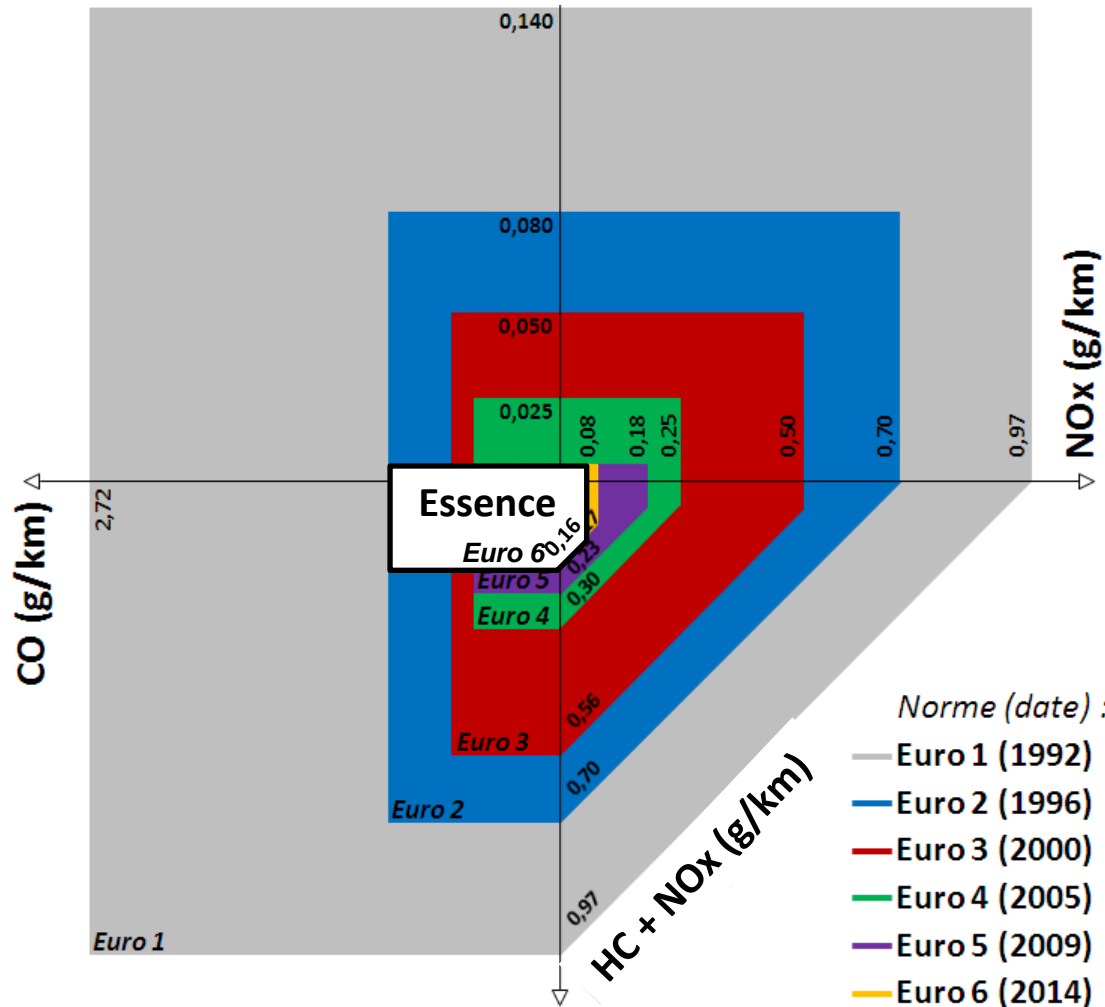


\* *Corporate Average Fuel Economy : consommation/émission de CO<sub>2</sub> moyenne pondérée des véhicules neufs vendus dans l'année*

# Des normes toujours plus exigeantes

(véhicule particulier)

Particules en Masse (g/km)



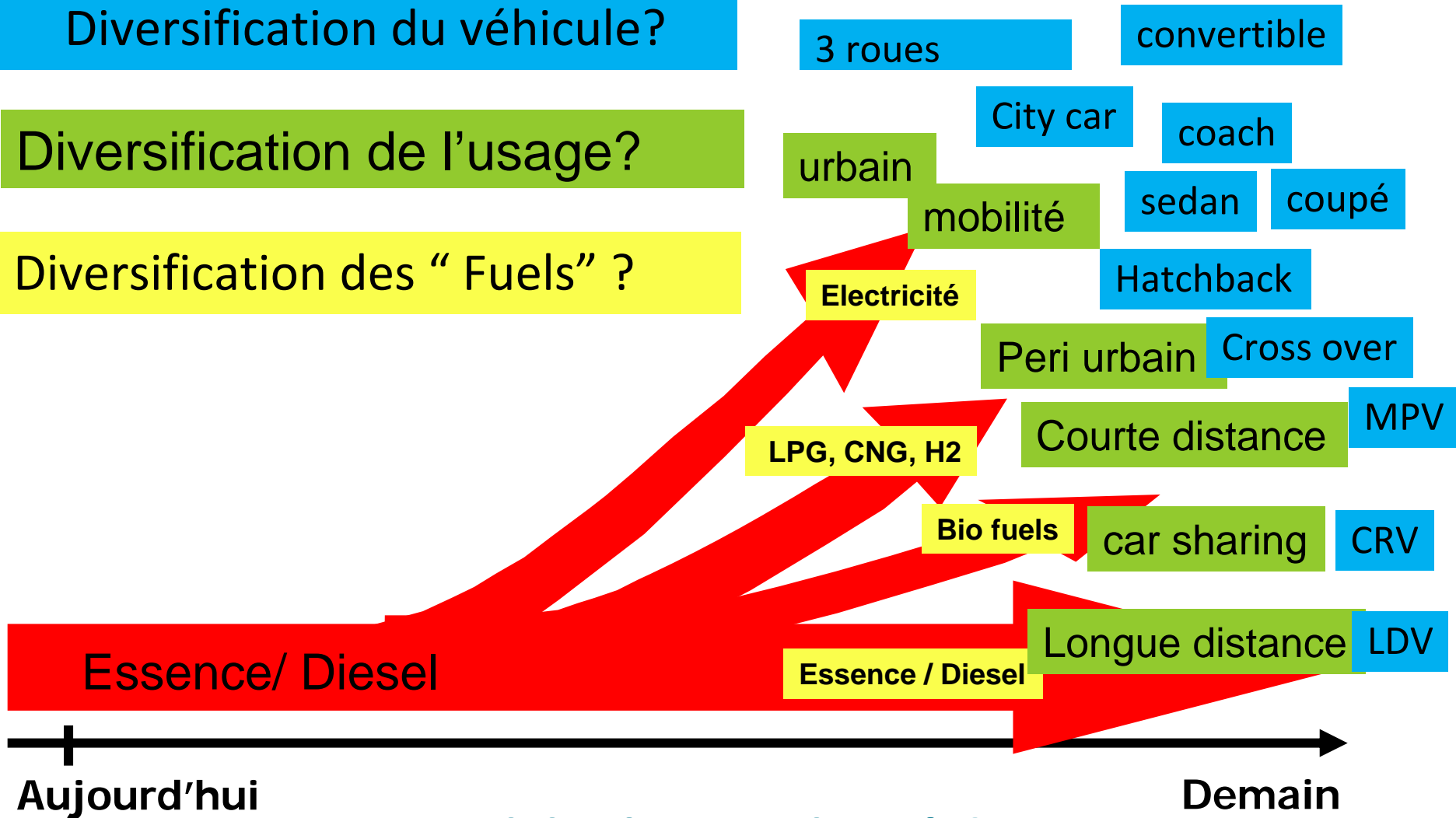
Réduction  
drastique des  
limites  
d'émissions

# Quelle est la solution ?

Diversification du véhicule?

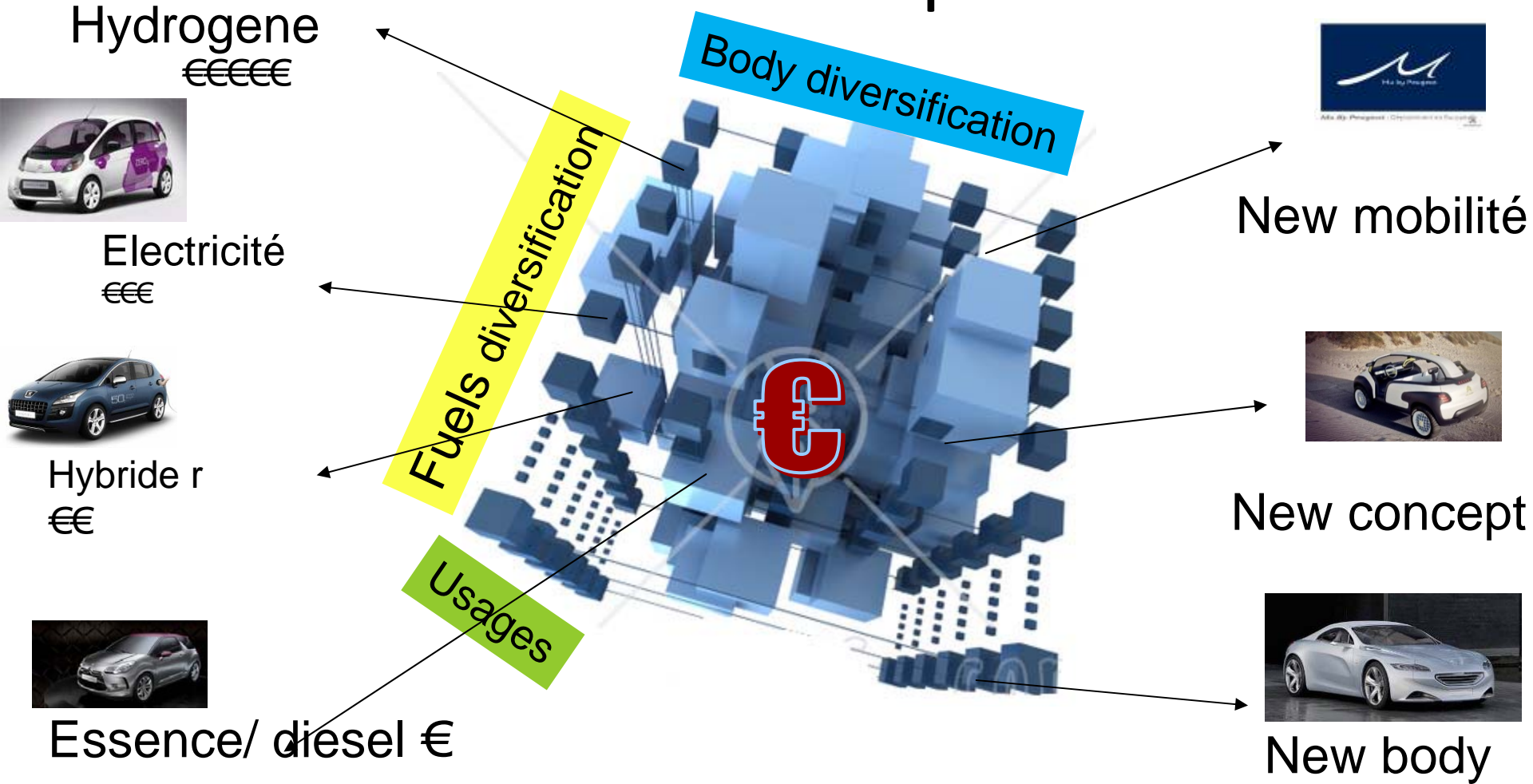
Diversification de l'usage?

Diversification des " Fuels" ?



Mais, quid du client et du coût?

# Une matrice complexe et pas de solution unique!



2020: Energie, CO2, qualité de l'air, usage, ... coût?



# Pour relever ces défis, des avancées depuis plus de 20 ans dans de nombreux domaines

Pour réduire les émissions de polluants (CO, NOx, HC, particules) et celles des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> pour l'automobile), plusieurs axes de travail sont engagés. Ceux-ci doivent néanmoins respecter la "synthèse véhicule" : sécurité, confort, attractivité...

## Groupe motopropulseur

- **Technique** d'hybridation des GMP (ex. Stop & Start, Hybride HDi)
- **Optimisation** des moteurs essence et diesel
- **Optimisation** des boîtes de vitesses



POL

CO<sub>2</sub>

## Climatisation

- **Remplacement** du fluide frigorigène par un nouveau fluide, moins nocif pour la couche d'ozone
- **Optimisation** des composants de la climatisation pour réduire la consommation (évaporateur, compresseur)



POL

CO<sub>2</sub>

## Aide à la conduite

- **Développement** de nouveaux indicateurs IHM pour favoriser l'éco-conduite (ex. indicateurs de changement de vitesse)



CO<sub>2</sub>

## Dépollution

- **Généralisation** du FAP (à partir d'Euro 5) et réduction des NOx (moteur diesel)
- **Durabilité** des systèmes de dépollution
- **Diagnostic** embarqué



POL

## Matériaux verts et recyclabilité

- **Utilisation** des trois familles de matériaux verts : recyclés, organiques naturels modifiés et bio-polymères (non issus de l'industrie pétrochimique)
- **Élimination** des métaux lourds
- **Homogénéisation et limitation** des familles de matières pour faciliter le recyclage
- **Réduction** du nombre de pièces



POL

CO<sub>2</sub>

## Pneumatiques

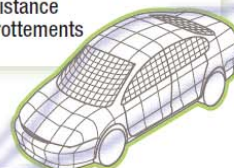
- **Développement** de pneus à très basse résistance au roulement (TBRR)
- **Déploiement** des témoins de sous-gonflage



CO<sub>2</sub>

## Aérodynamisme

- **Optimisation** du design du véhicule pour diminuer la résistance aux frottements



CO<sub>2</sub>

## Masse

- **Optimisation** de la conception pour alléger les véhicules



POL

CO<sub>2</sub>

## Carburant

- **Adaptation** de motorisations aux biocarburants (Bioéthanol, Biodiesel)
- **Développement** de motorisations dédiées (GNV, Bioflex pour super éthanol E85...)



POL

CO<sub>2</sub>

**POL** : réduction des polluants

**CO<sub>2</sub>** : réduction des gaz à effet de serre



# Optimisation globale de la performance environnementale

## La nouvelle Peugeot 208 1,2l essence versus la Peugeot 207 1,3l essence

**Groupe Motopropulseur adapté :** - 23% de conso

Gain → 35g CO<sub>2</sub>

**Aérodynamique :** réduction de 2dm<sup>2</sup> du SCx

Gain → 1g CO<sub>2</sub>



**Masse véhicule :**

100kg en moins

Gain → 4g CO<sub>2</sub>

**Resistance au roulement :**

25% de réduction de résistance au roulement

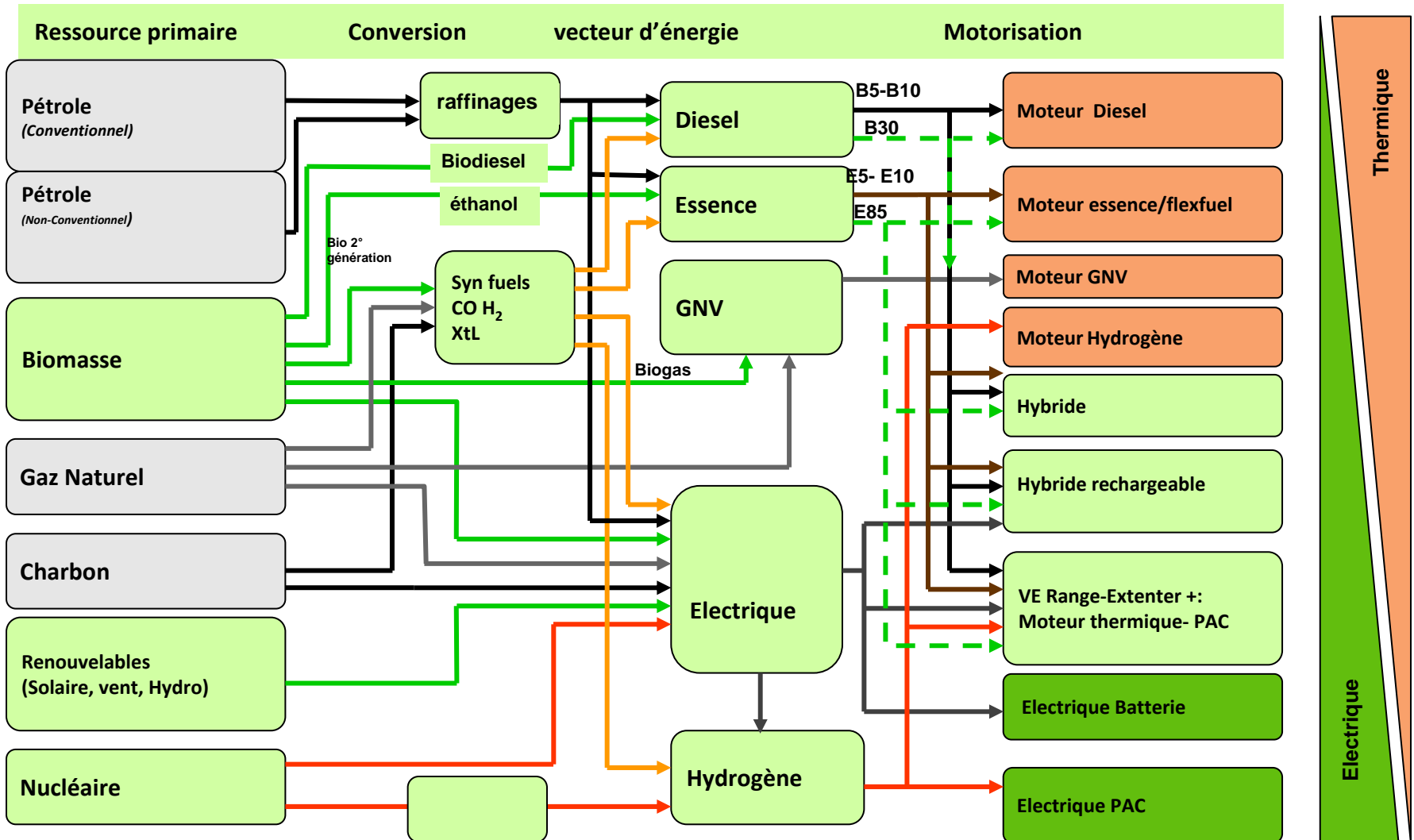
Gain → 5g CO<sub>2</sub>

**Peugeot 208 : 99 g/km**

**Bénéfice global versus la Peugeot 207 : 45 g/km**

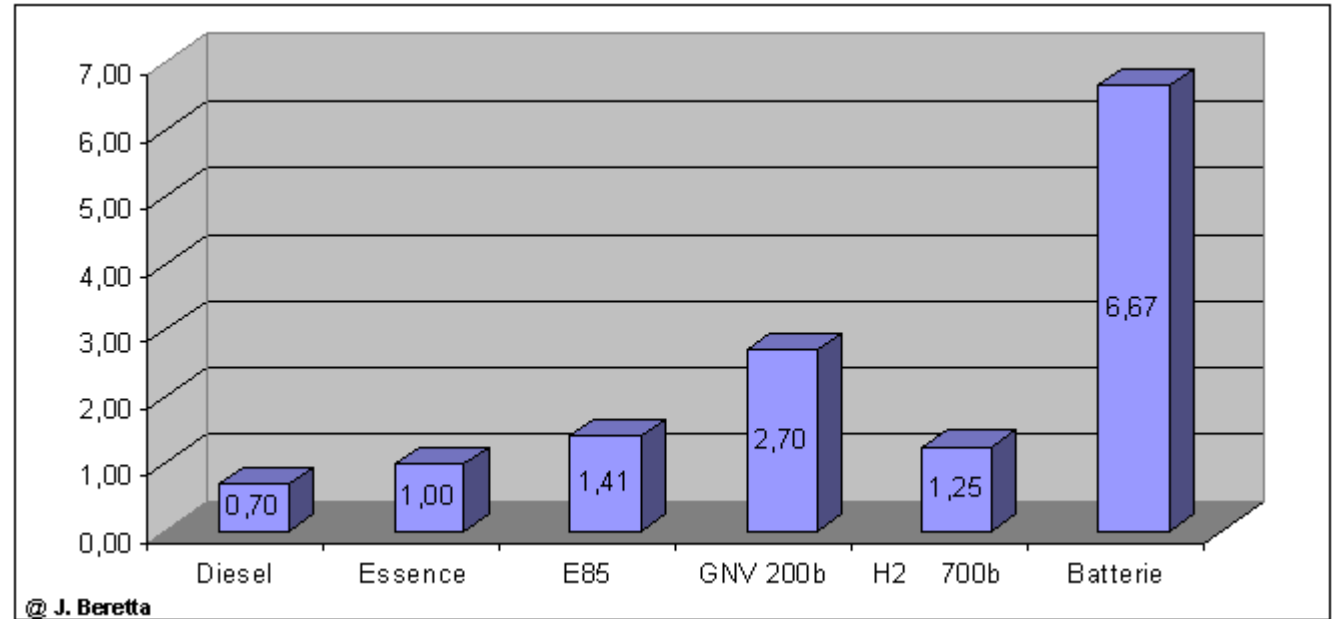
# Le panel énergies/ technologies

Avec la diversité des énergies, les approches du puits à la roue sont nécessaires.

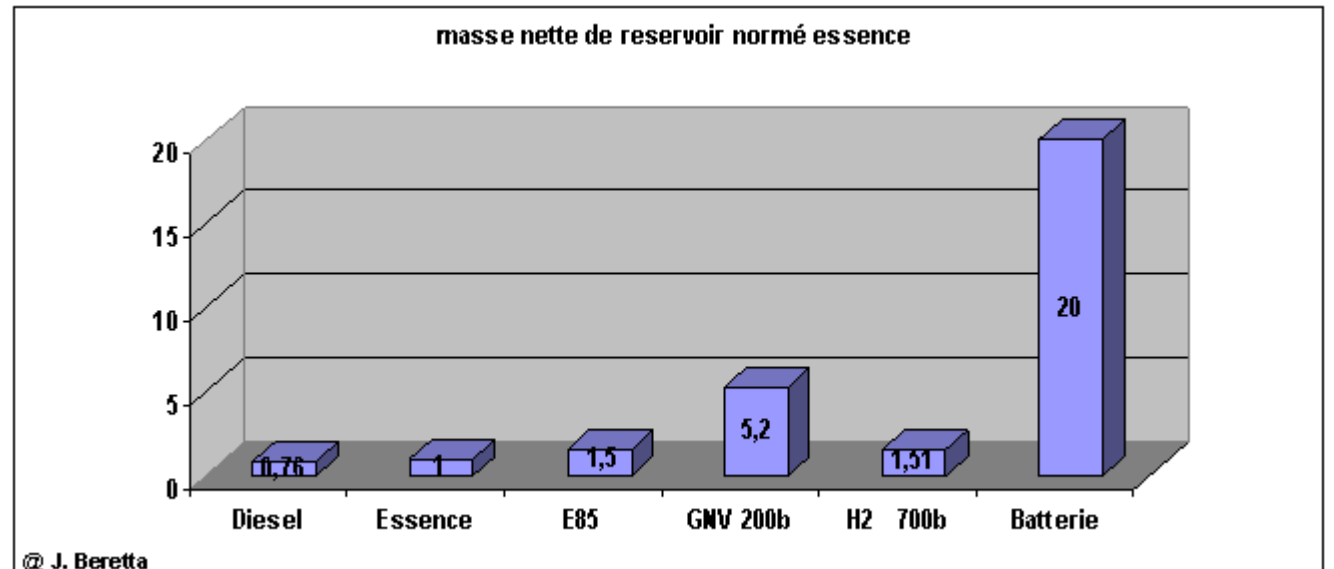


# volume et masse de l'énergie

**Volume de réservoir  
pour faire le même  
nombre de km**



**Masse de réservoir  
pour faire le même  
nombre de km**

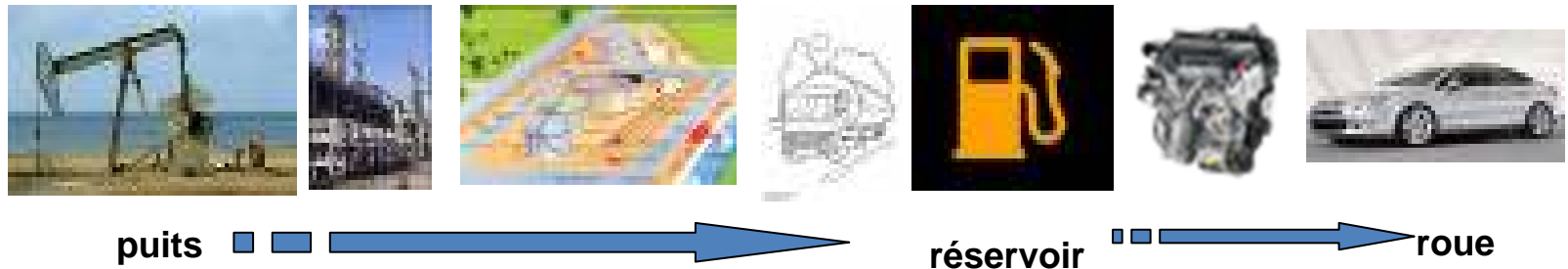


*Rendement motorisation*  
Diesel=0,23  
Essence=0,18  
Flex fuel=0,18  
GNV=0,19  
PAC=0,48  
VE=0,87

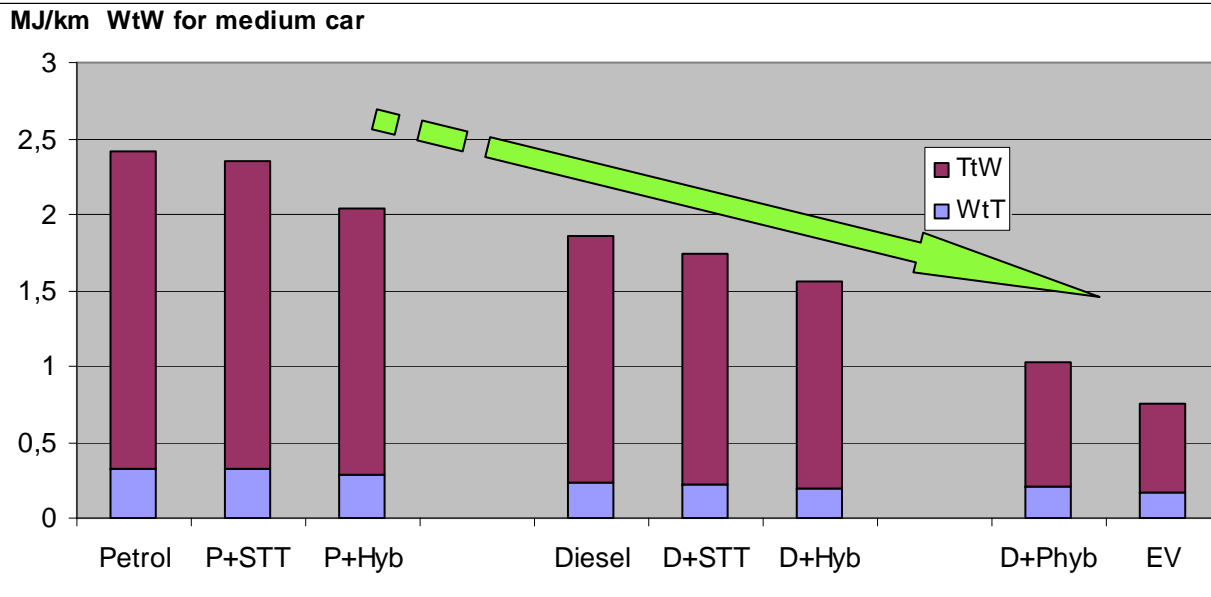
# Les déterminants pour l'automobile :

## 3 critères vertueux

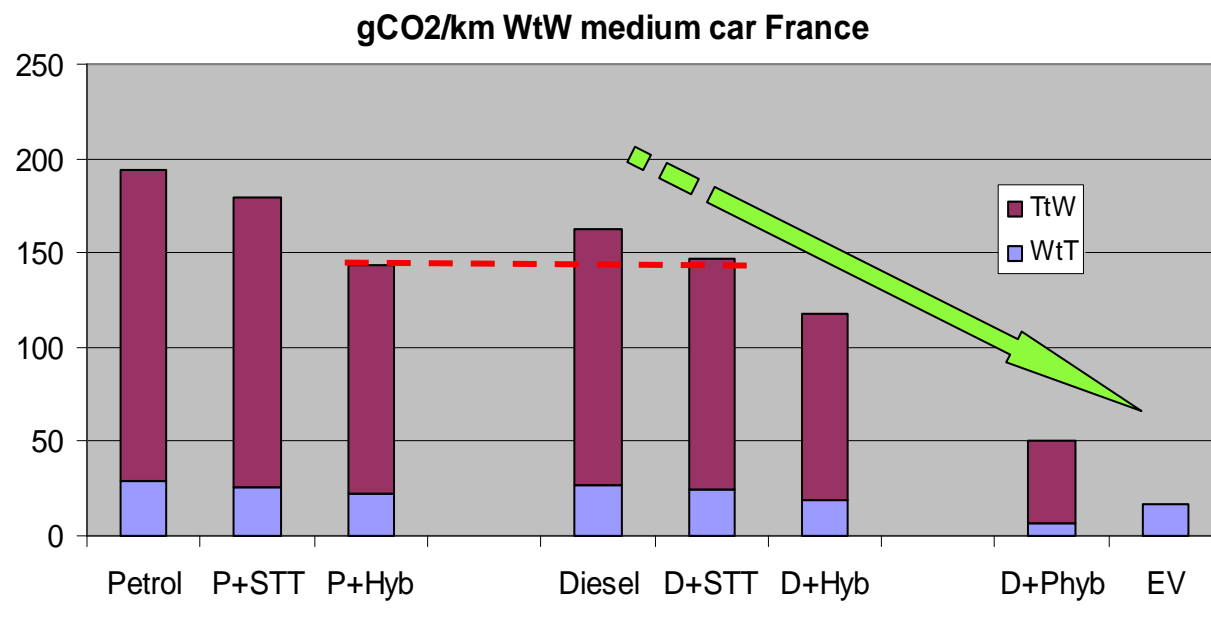
- Rejet de CO2 du puits à la roue,
- Rendement du processus global,
- Coût de la technologie automobile, de l'énergie associée et de son usage



# bilan énergie climat (France)



**Energies:** essence, diesel et électrique  
**Technologies:** Thermique, Stop & Start, hybride, hybride rechargeable et électrique



**Le diesel + STT est au même niveau de CO2 que l'hybride essence**

**Augmenter l'efficacité énergétique et réduire le CO2 = hybride**

# Cycles MVEG

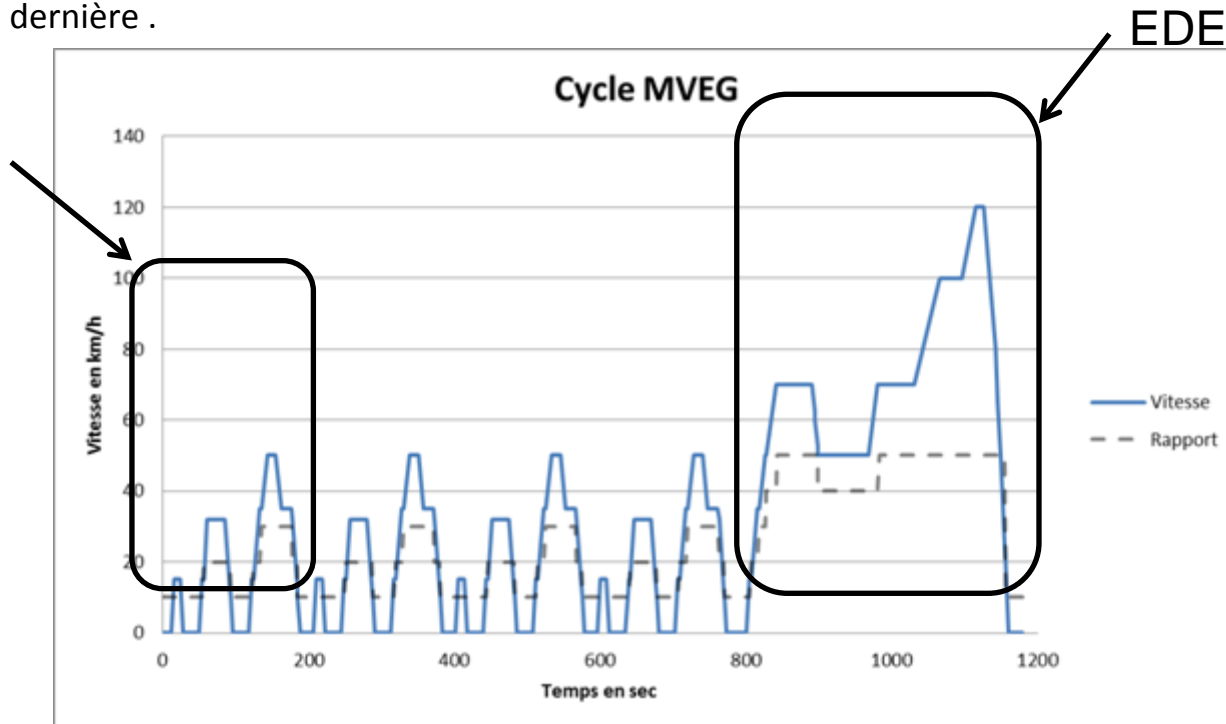
## Cycle MVEG :

Il est composé de 4 parties EUDC et d'une partie EDE.

Le protocole utilisé pour mesurer les émissions de CO<sub>2</sub> :

- Pour les Boites de vitesses manuelles, le rapport est imposé,
- Le véhicule servant à déterminer la loi de route est spécialement préparé pour minimiser cette dernière .

4 x  
EUDC



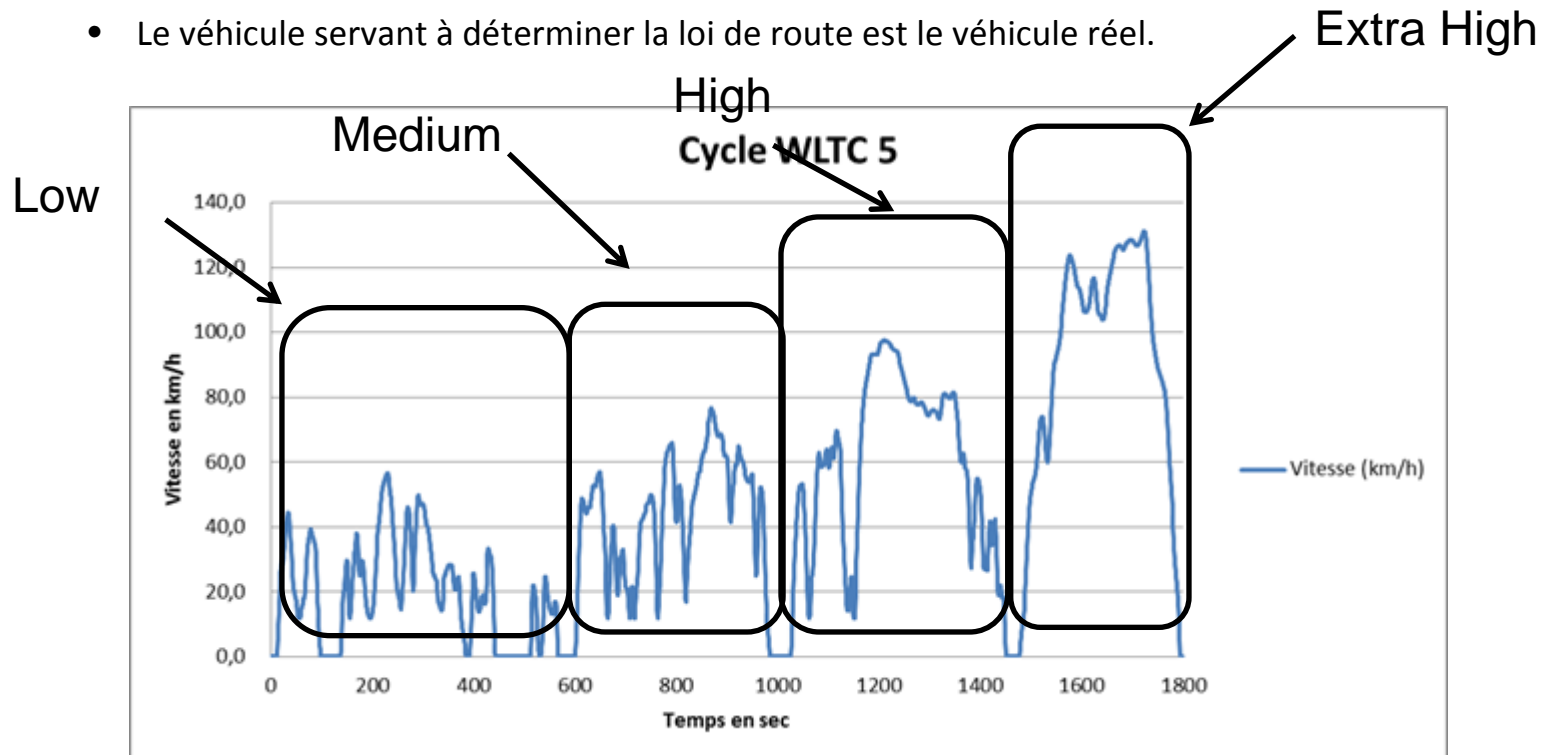
# Cycles WLTC

## Cycle WLTC :

Il est composé de 4 parties : Low, Medium, High et extra High.

Le protocole utilisé pour mesurer les émissions de CO<sub>2</sub> :

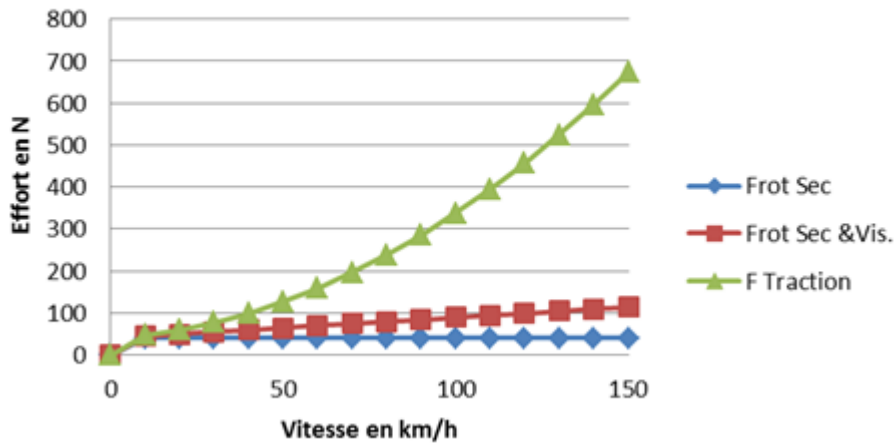
- Pour les Boîtes de vitesses manuelles, le rapport est issu du GSI,
- Le véhicule servant à déterminer la loi de route est le véhicule réel.



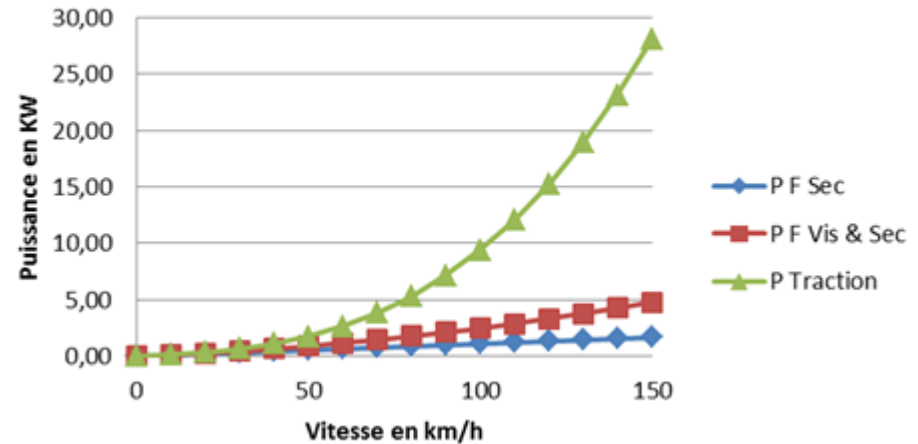


# Dynamique véhicule

## Effort de traction à la roue



## Puissance de traction à la roue



$$\underline{Loi de Route = F_0 + F_1 * Vitesse\ v\acute{e}hicule + F_2 * (Vitesse\ v\acute{e}hicule)^2}$$

Masse du v\acute{e}hicule = 800 Kg,  $F_0 = 40$  sur le plat,  $F_1 = 0,4946$

- Frottement sec =  $F_0$ ,
- Frottement visqueux =  $F_1 * Vitesse\ v\acute{e}hicule$
- Frottement a\acute{e}ro =  $F_2 * (Vitesse\ v\acute{e}hicule)^2$

# Récupération d'énergie

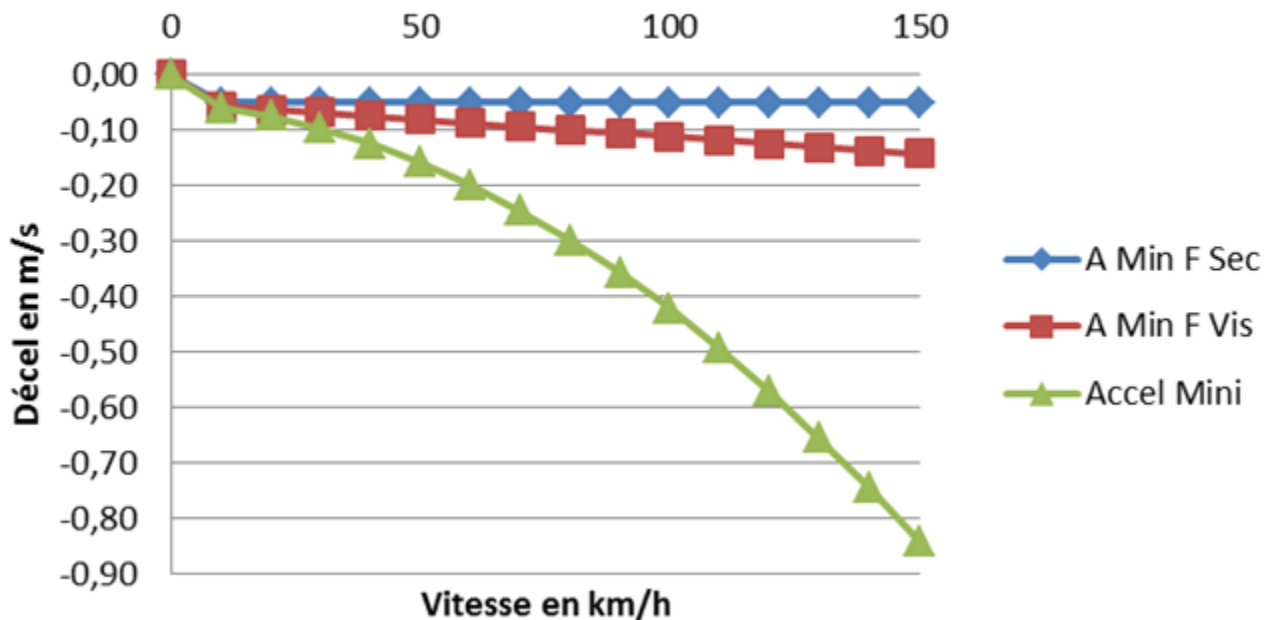
## GMP hybride :

La quantité d'énergie récupérable en phase de décélération et réutilisable dépend essentiellement :

La loi de route : énergie dissipée en premier par la décélération,

Le rendement de la chaîne de traction de la deuxième source d'énergie du système hybride.

## Décel mini pour récupération



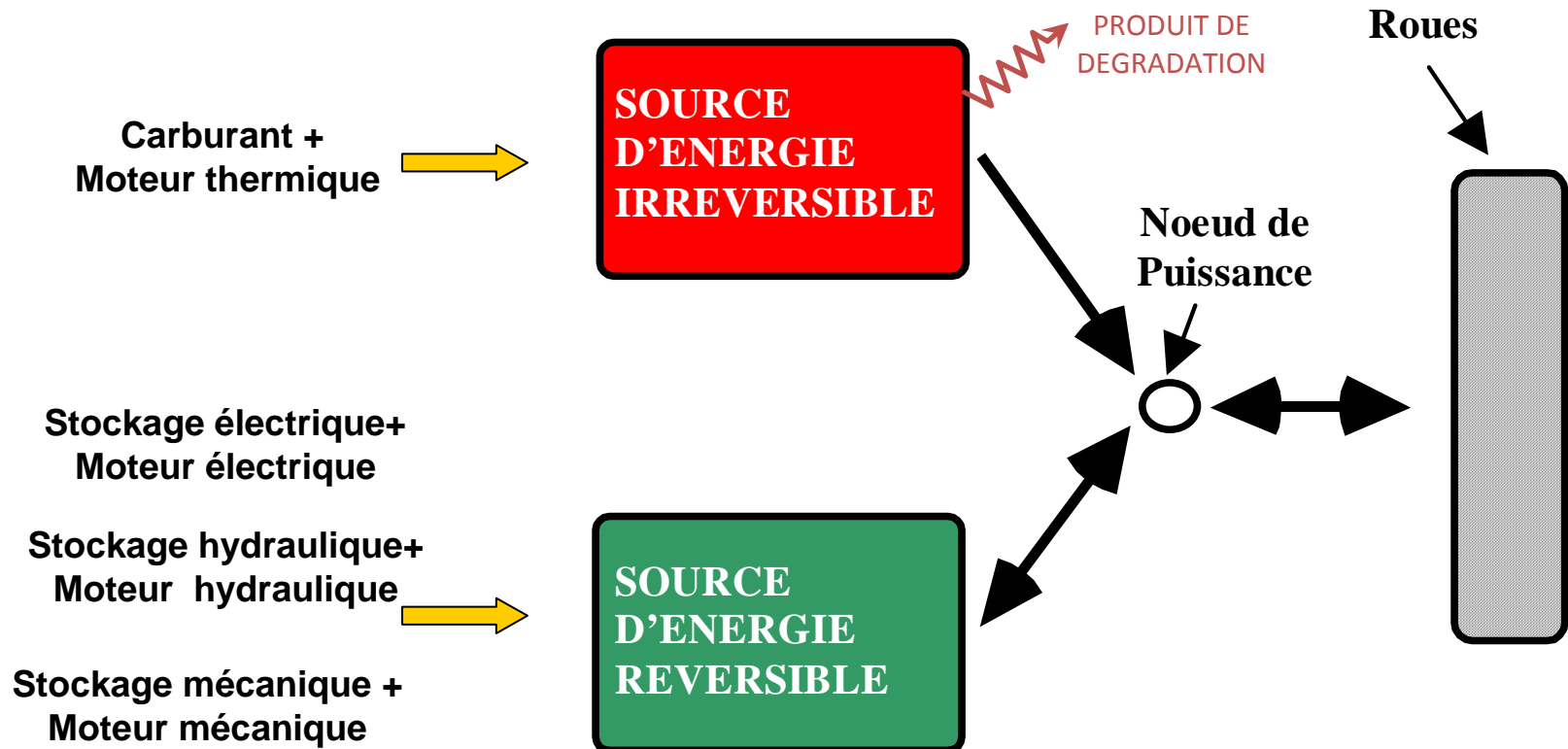
Ratio de Décélération  
inférieure à Décel Mini :

Cycle MVEG : 99,97%

Cycle WLTC : 58,36%

# Véhicule Hybride

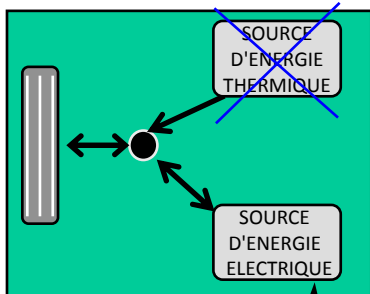
☞ UN VÉHICULE HYBRIDE EST PROPULSÉ PAR AU MOINS 2 SOURCES D'ÉNERGIE ASSOCIÉES A DEUX CHAINES DE CONVERSION DIFFÉRENTES.



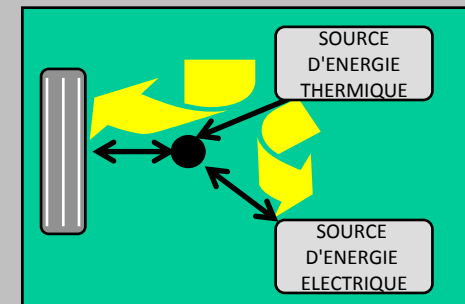
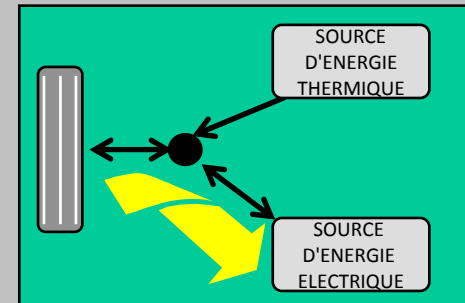
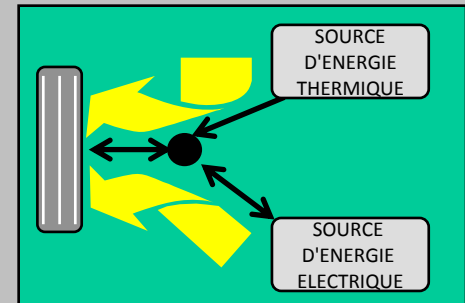
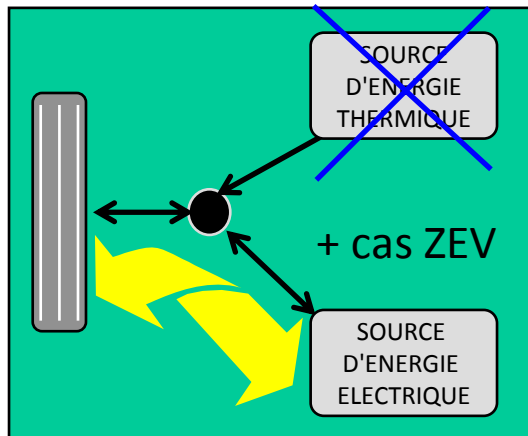
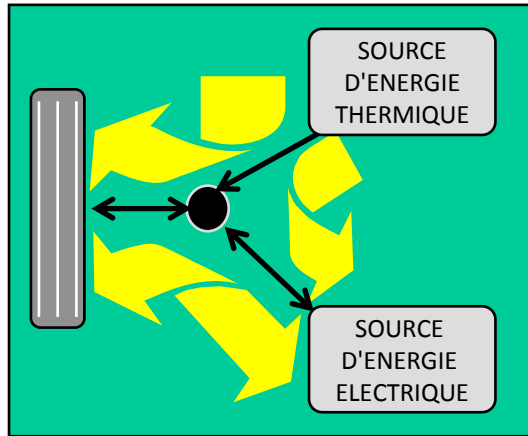
# les différents état de fonctionnement

## Roulage

### Arrêt



Recharge sur réseau

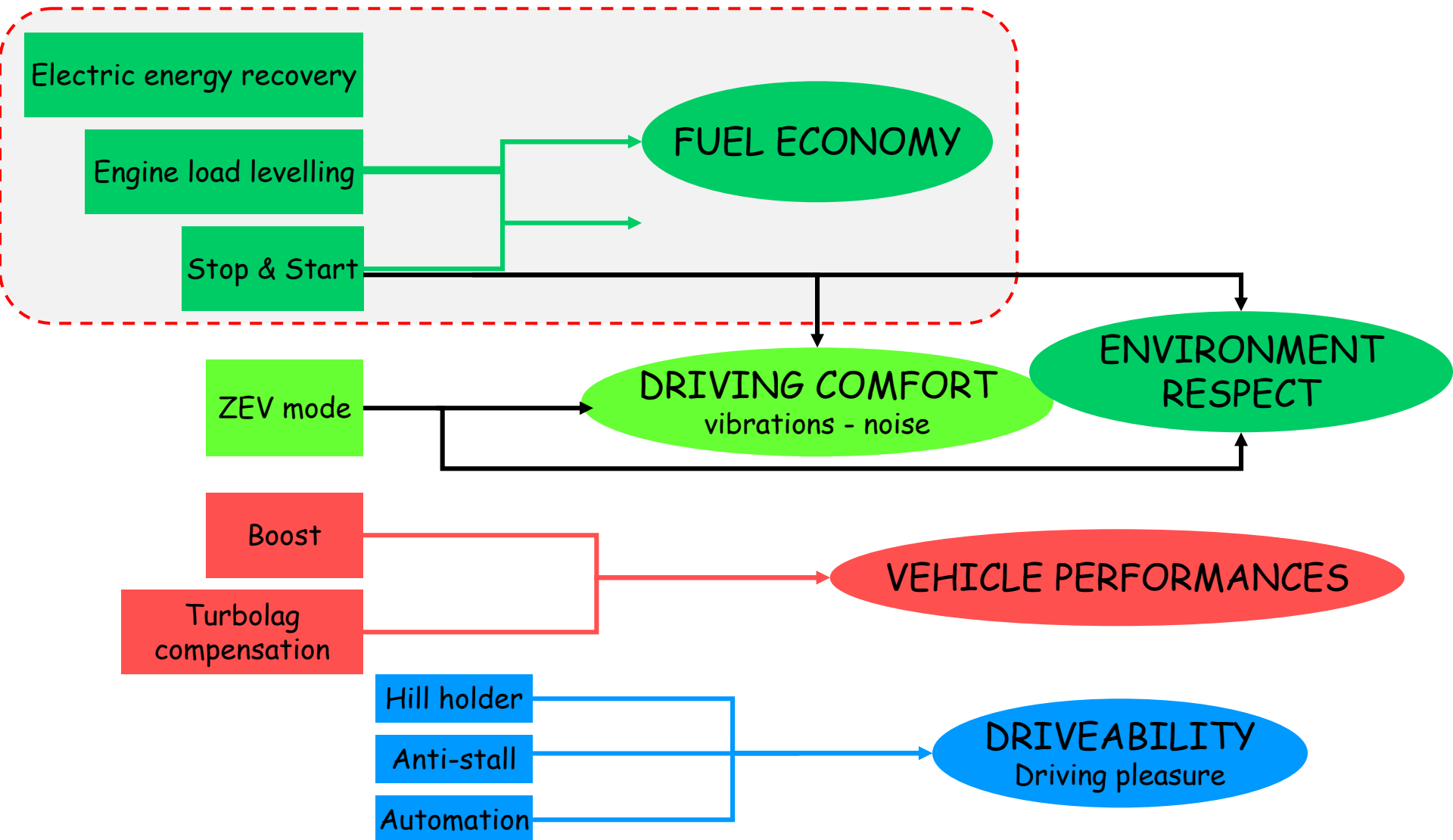


Accélération

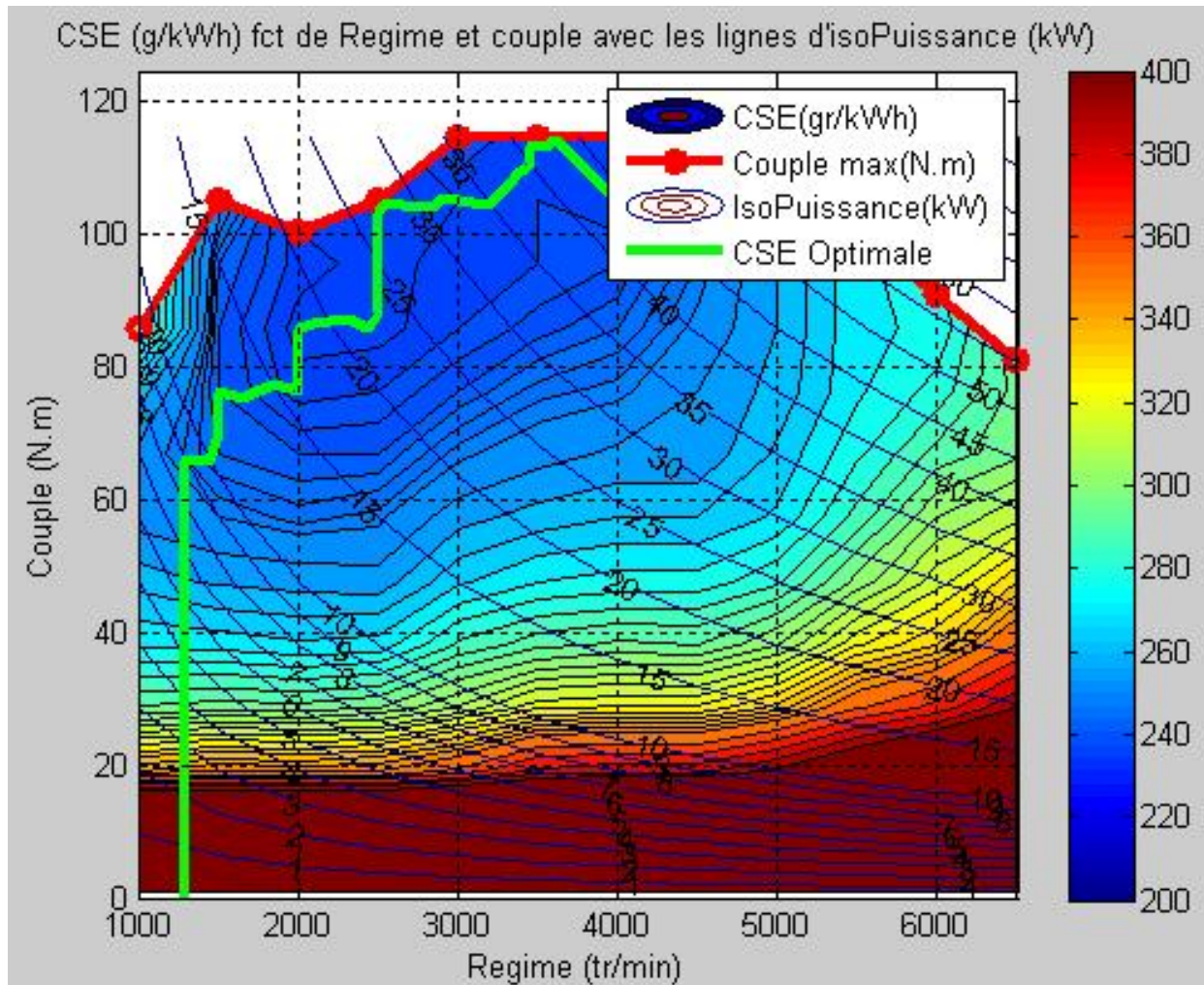
Décélération

Optimisation Recharge

# BILAN DES FONCTIONS



# Moteur Thermique

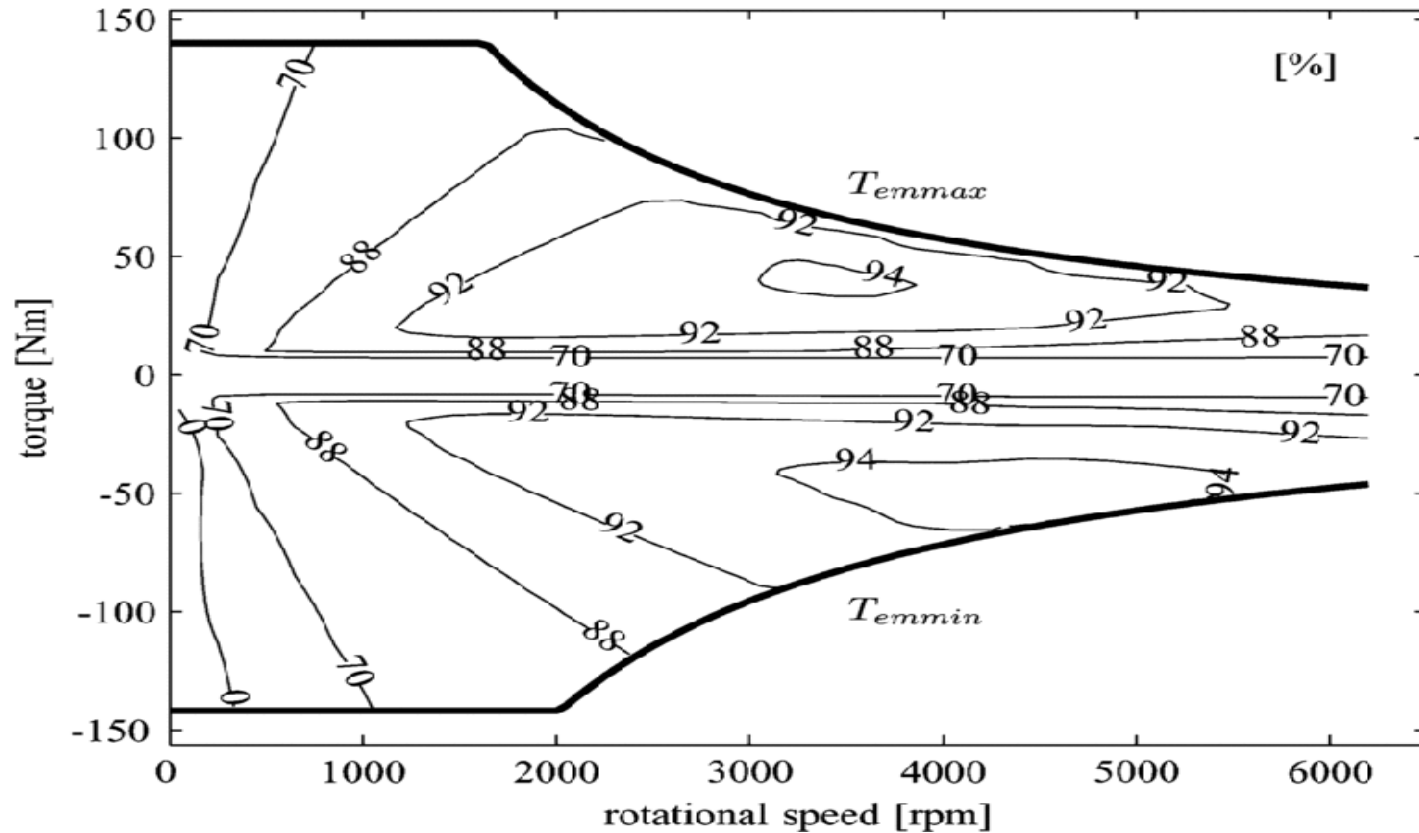


Cartographie de consommation spécifique : gr de carburant par Kwh.

Représentatif du rendement moteur :  
500 gr/Kwh = 15%  
230 gr/Kwh = 33%

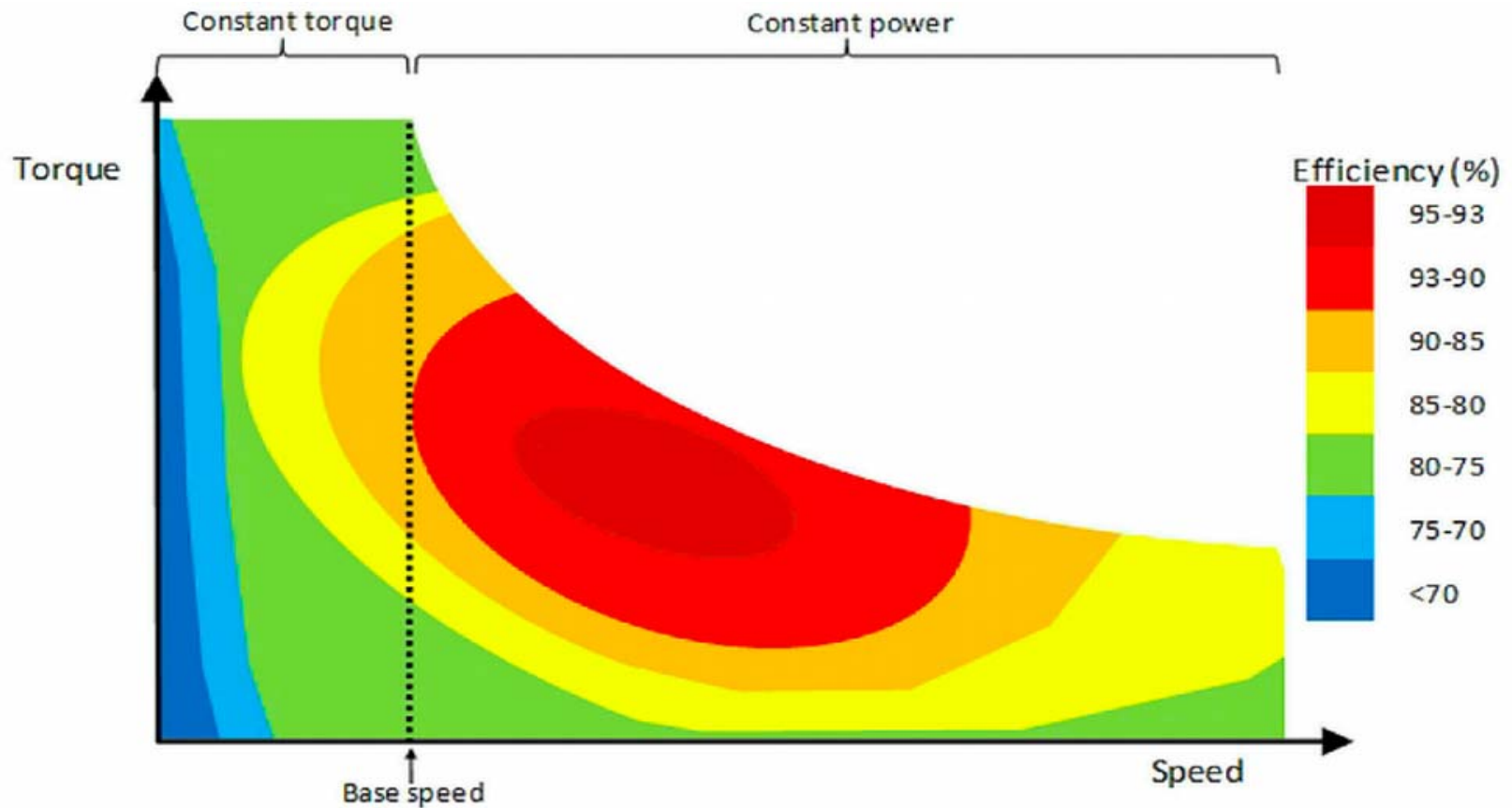
# Moteur Hydraulique

- Rendement de 70 à 94 %



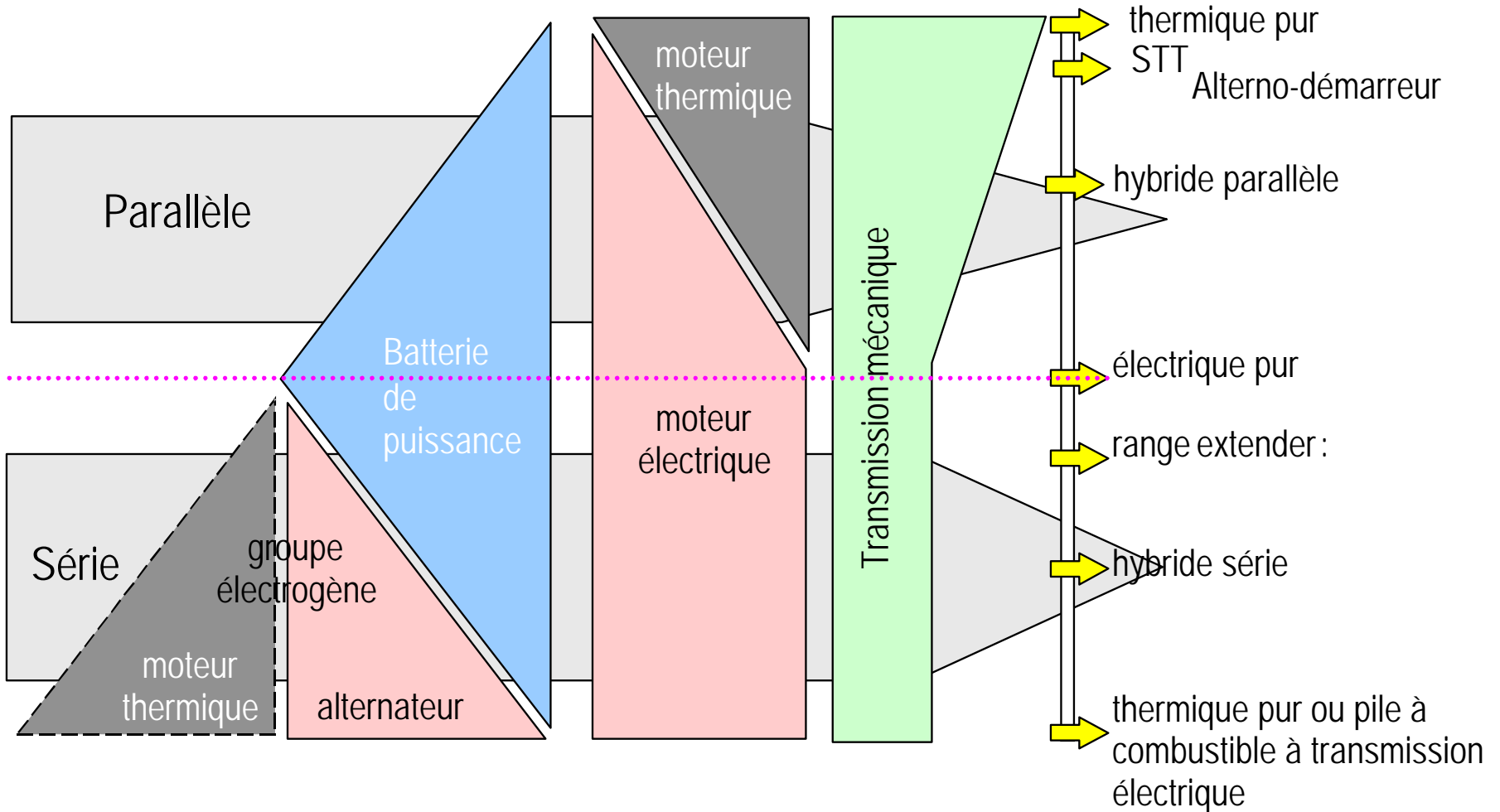
# Moteur Electrique

- Rendement 70 à 95 %

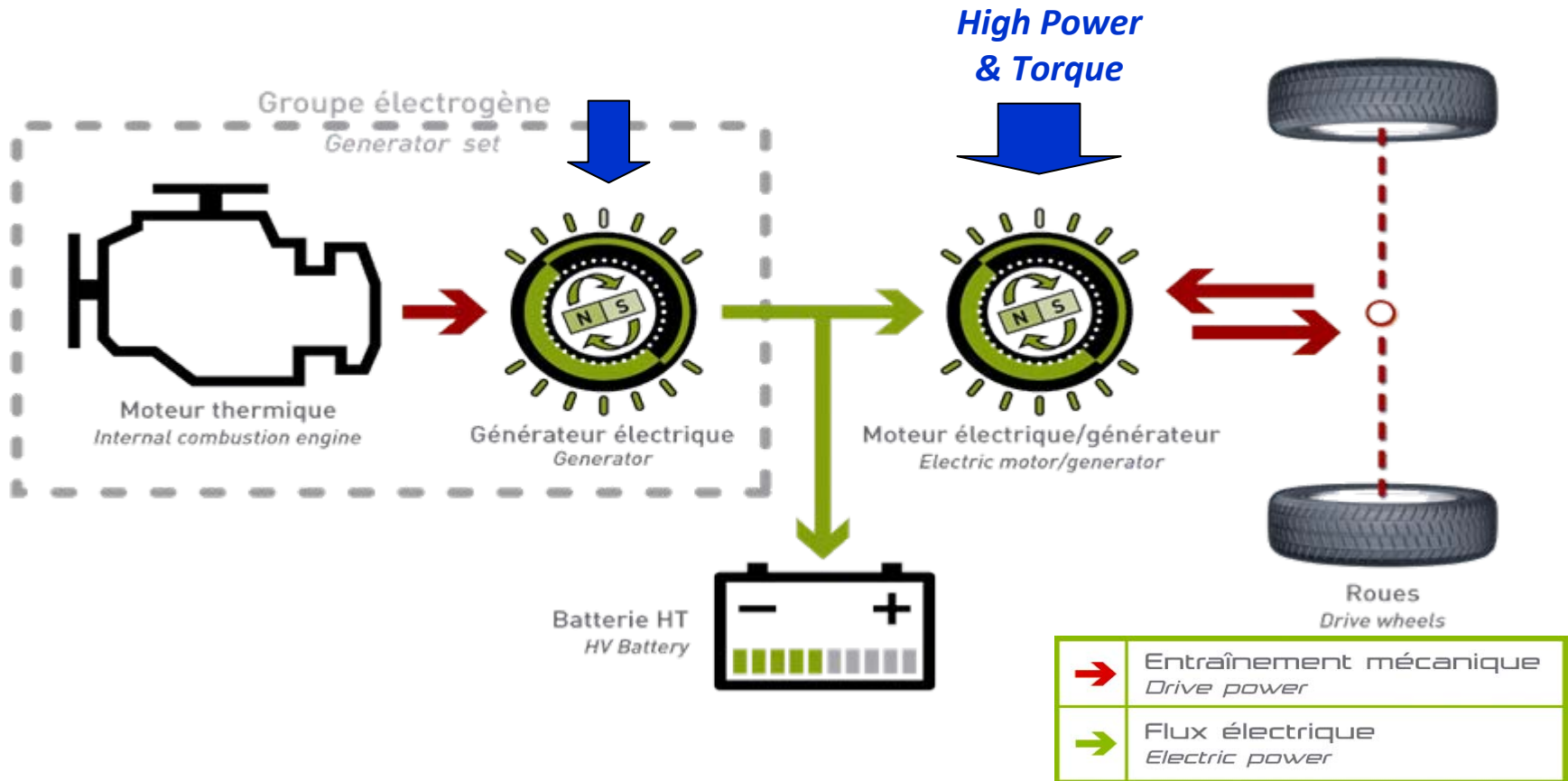




# Les Architectures Hybrides



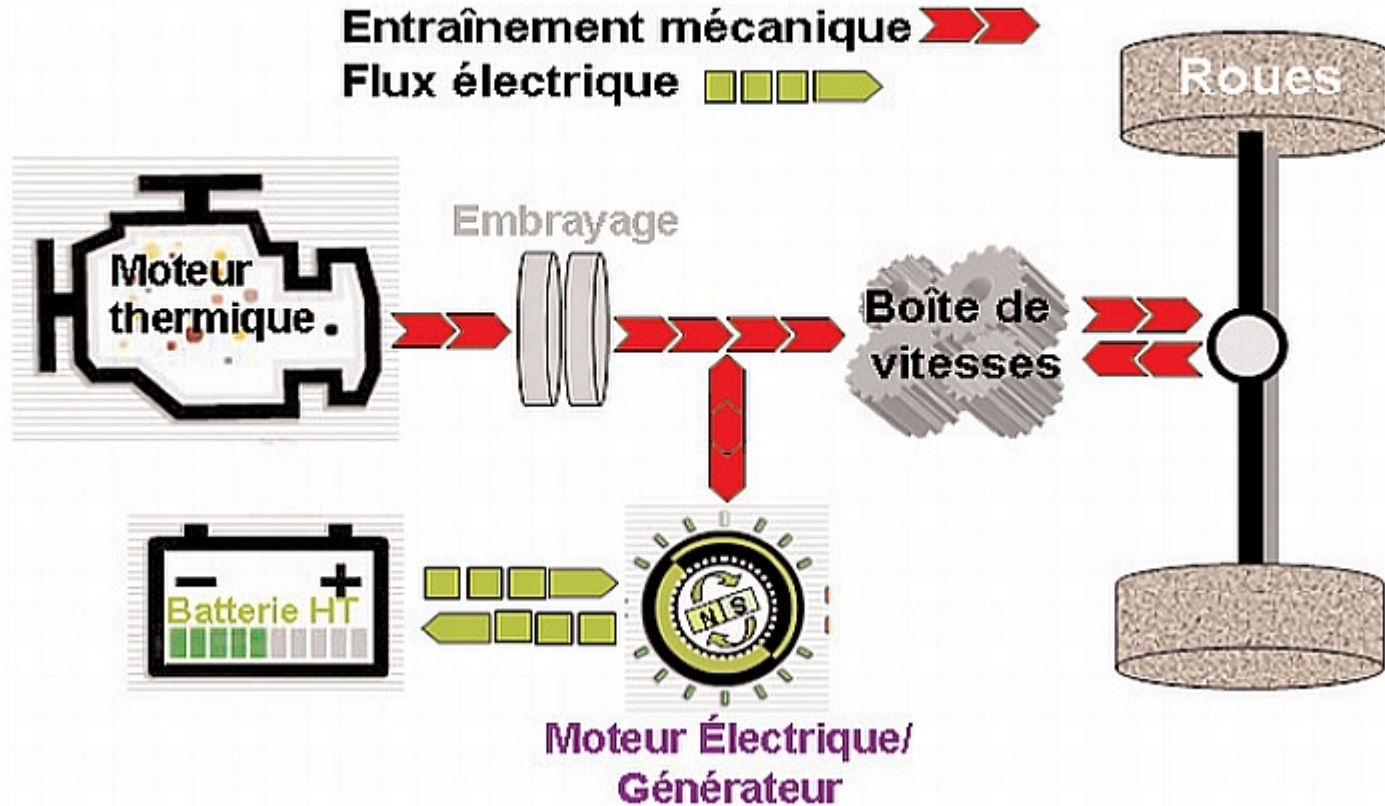
# Hybride série



- **Le moteur électrique assure seul la traction**
- **Efficacité plus faible en mode hybride: somme des pertes de chaque composants ( ICE + alternateur + moteur électrique + x% batterie)**
- **Coût élevé : 2 moteurs électriques de forte puissances + convertisseurs**

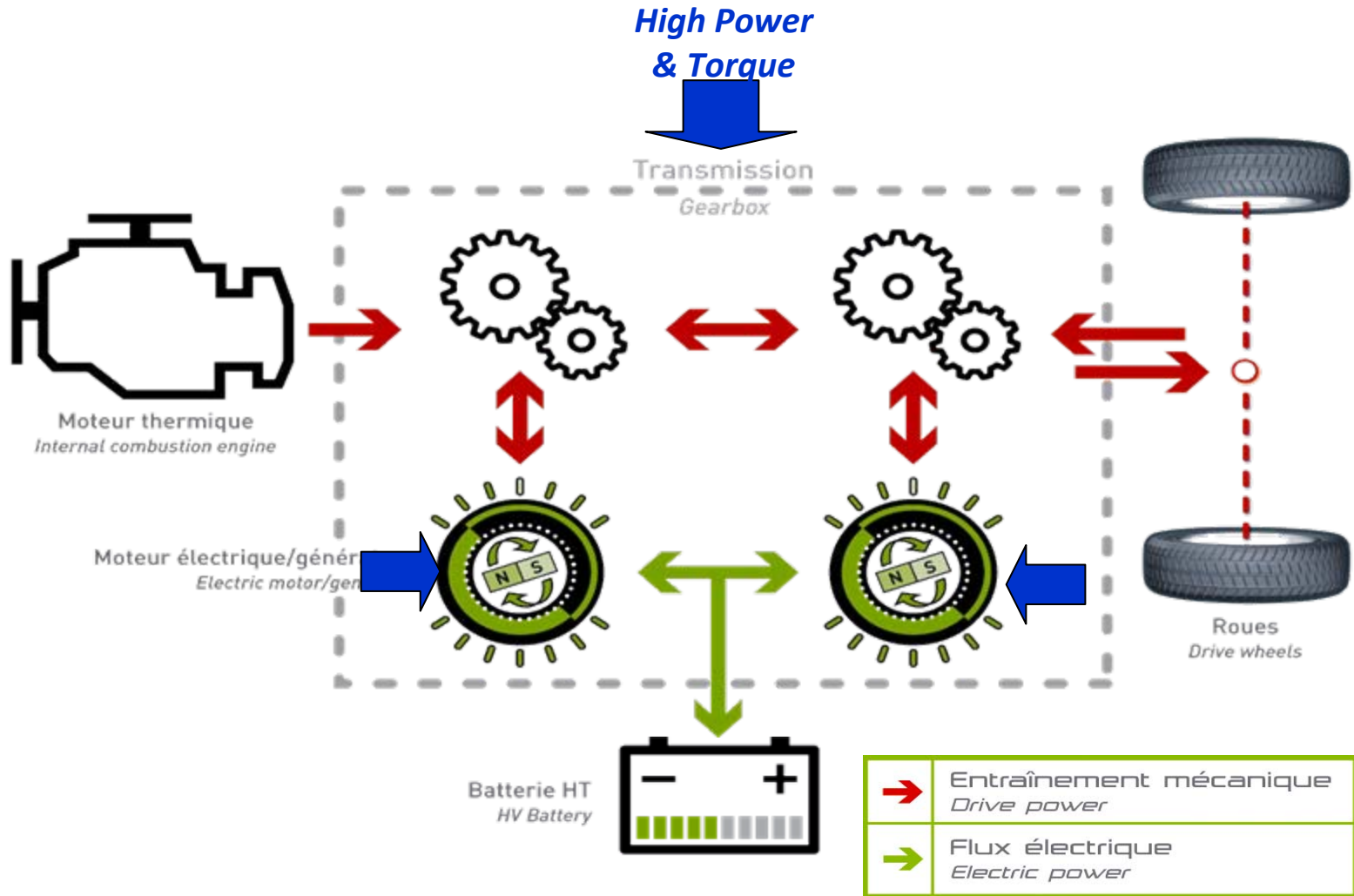
# Hybride Parallèle

Architecture chaîne de traction Hybride parallèle



Seulement un moteur et convertisseur de puissance moyenne  
Meilleur compromis entre coûts et avantages client

# Hybride série-parallèle / à dérivation de puissance



- **Très grande efficacité**
- **Coût important : 2 moteurs électriques et convertisseurs de forte puissance**

# Gain de consommation

Puissance électrique

Différents degrés d'hybridation

Gain de carburant

( sur MVEG)

~2kW

Moins de 10%

## ▪ **Micro Hybride**

- **Stop&Start**
- **Le moteur s'arrête quand le véhicule est à l'arrêt**

5-7%

~6kW

De 10 à 30%

## ▪ **Mild Hybride**

- **Stop & Start + 1st étape de freinage récupératif**
- **Power assist – boost à l'accélération**

12-15%

~25kW

+ de 30%

## ▪ **Full Hybride**

- **Mild Hybrid + optimisation énergétique, mode électrique (-5km), freinage récupératif**

25-45%

~40kW

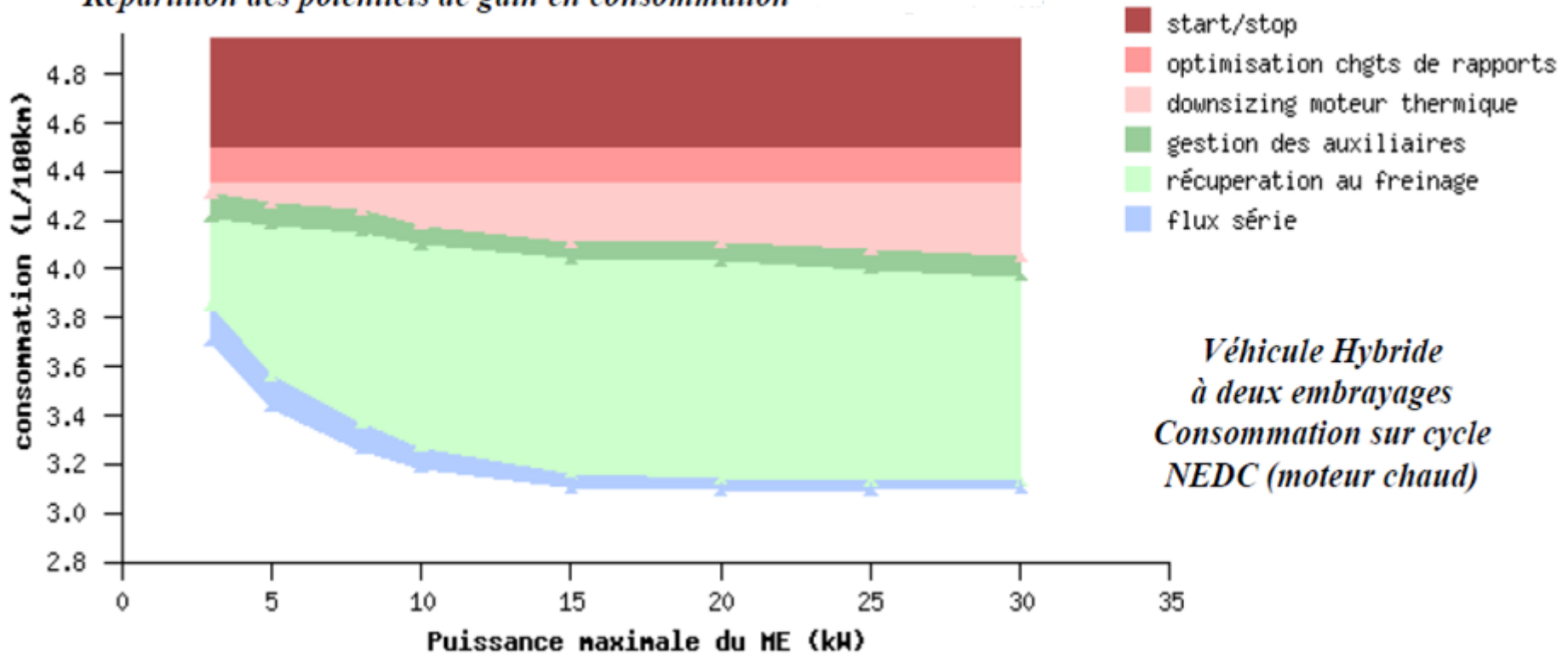
## ▪ **Full Hybride rechargeable**

- **Full Hybrid + mode ZEV(+ de 10 km)**

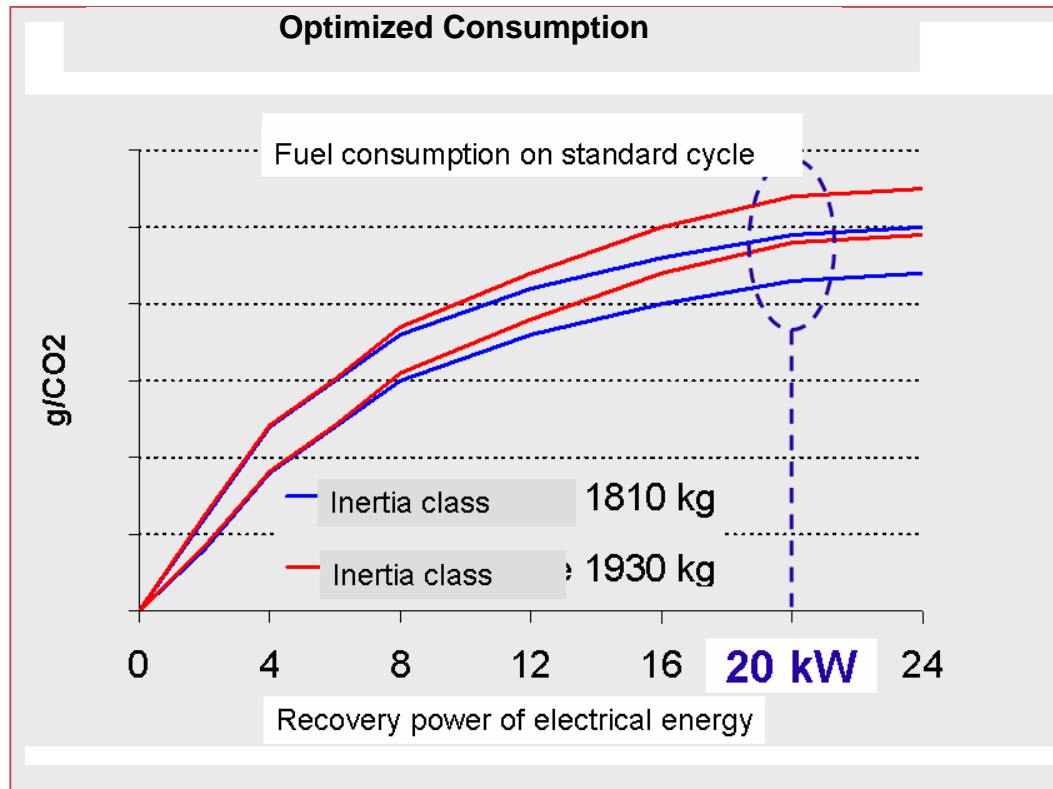
50-60%

# Gain de consommation

*Répartition des potentiels de gain en consommation*

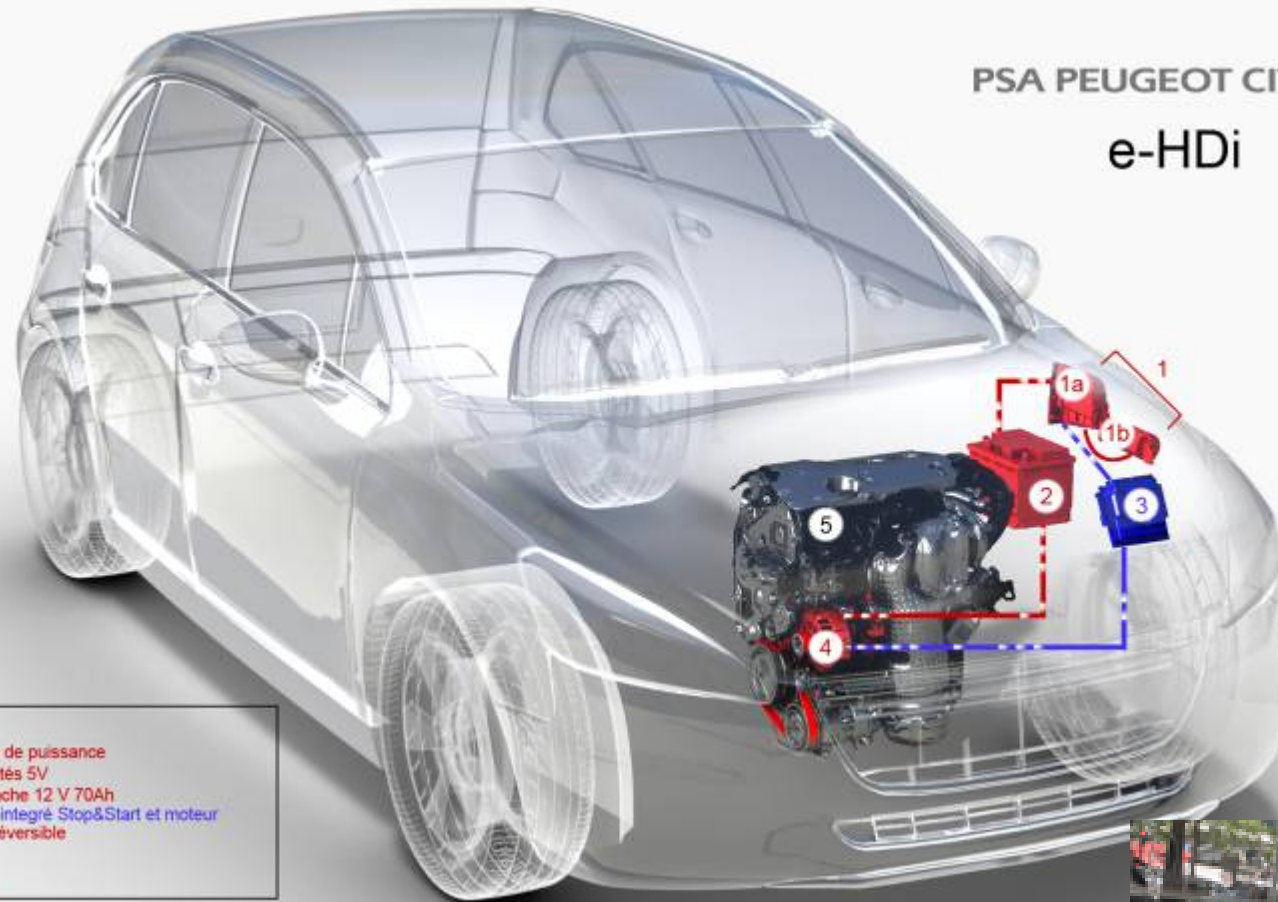


# Gain de consommation



20/30kW est la puissance optimum pour CO<sub>2</sub> / €  
Au-delà c'est pour augmenter les performances

# Micro Hybride Stop & start / e-HDi

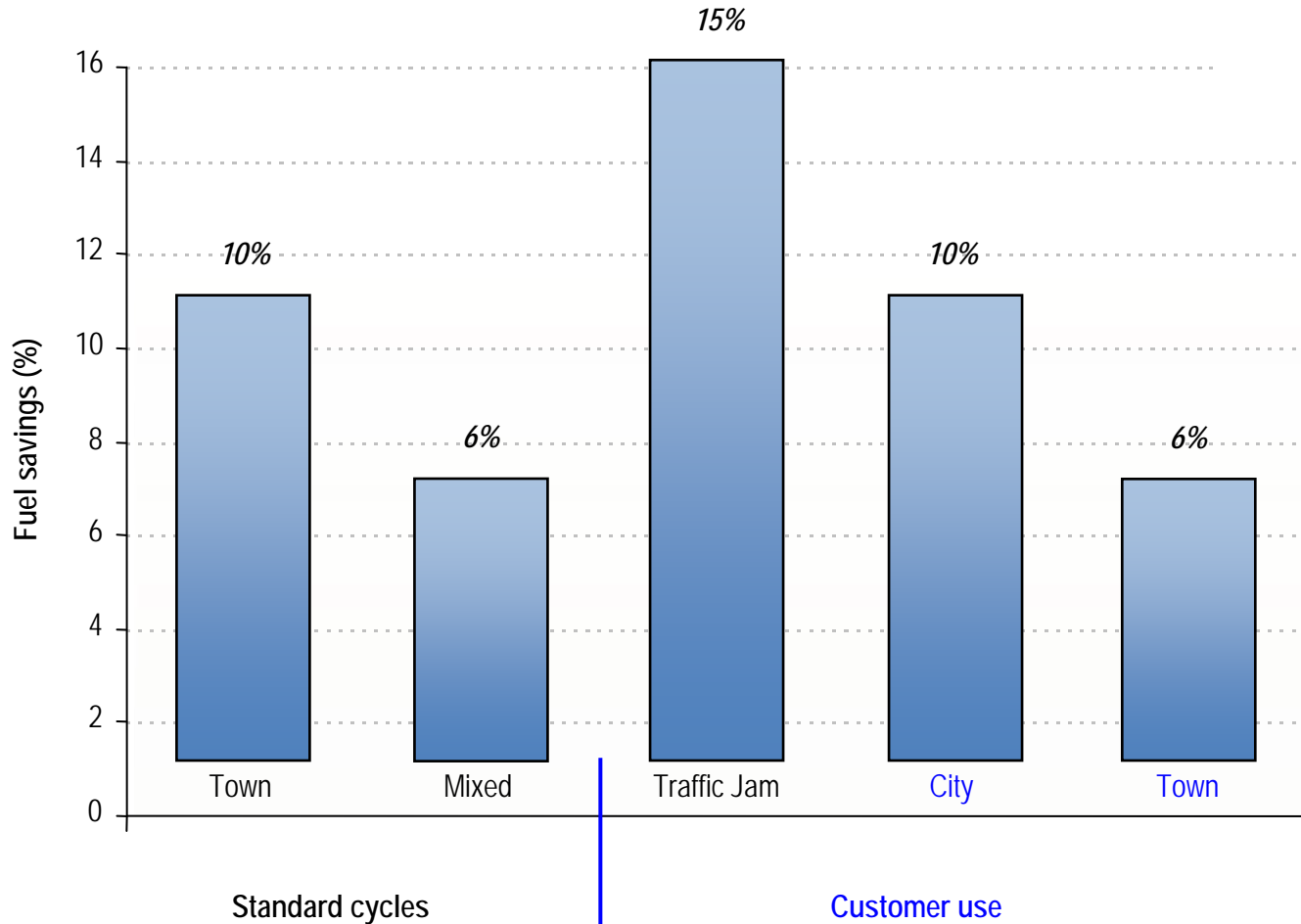


	Cycle d'homologation	Cycle urbain dense
Réduction de CO <sub>2</sub>	6 %	10% à 15 %





# Stop & Start et consommation



Sur motorisations essence et Diesel  
- 0,7 à -1,0 l/100 km en ville  
Silence à l'arrêt

# Mild Hybrid



- Conti mild hybride 48v
- Moteur électrique 8kW



- IMA de Honda
- 120v mild hybride
- Moteur électrique 10kW

# Full Hybrid

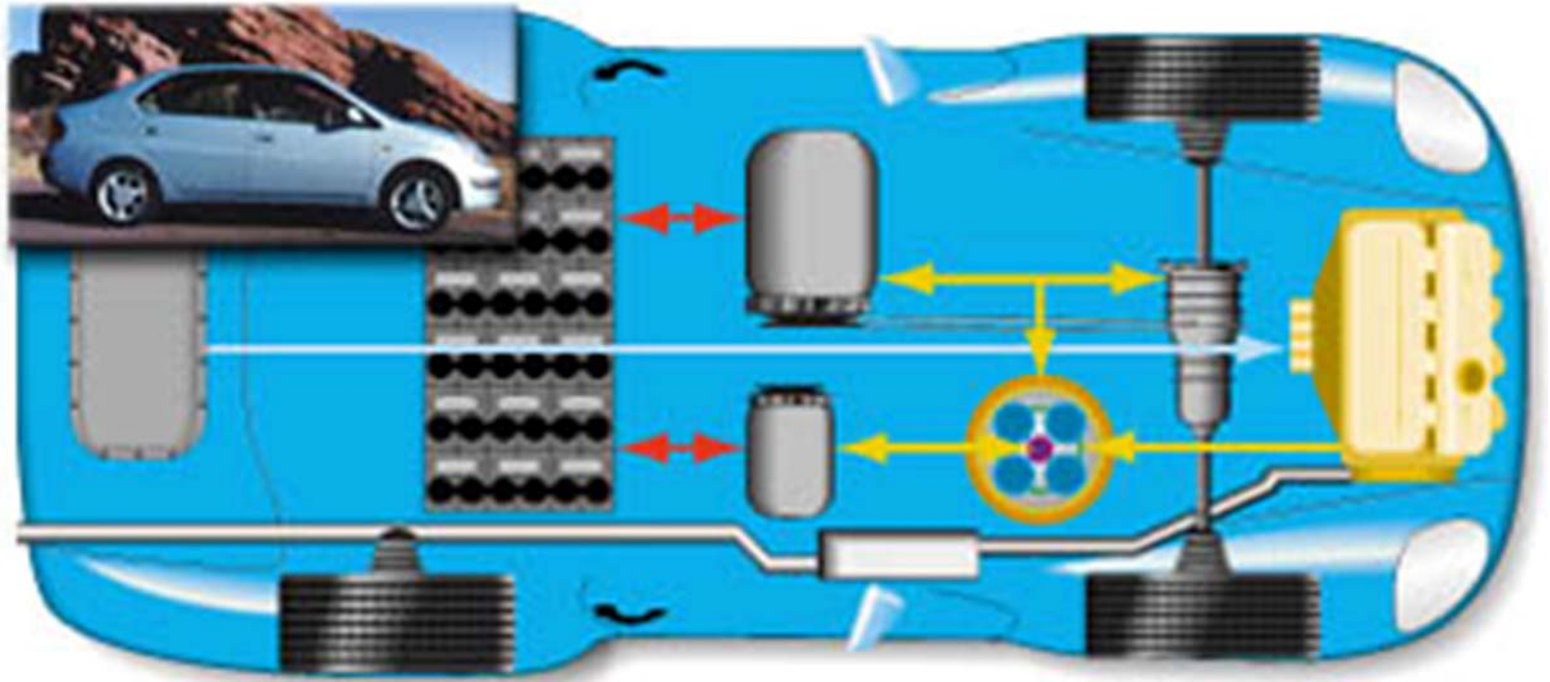


- Jetta Full Hybride
- 20kW électrique
- Moteur essence 1,4IGDI

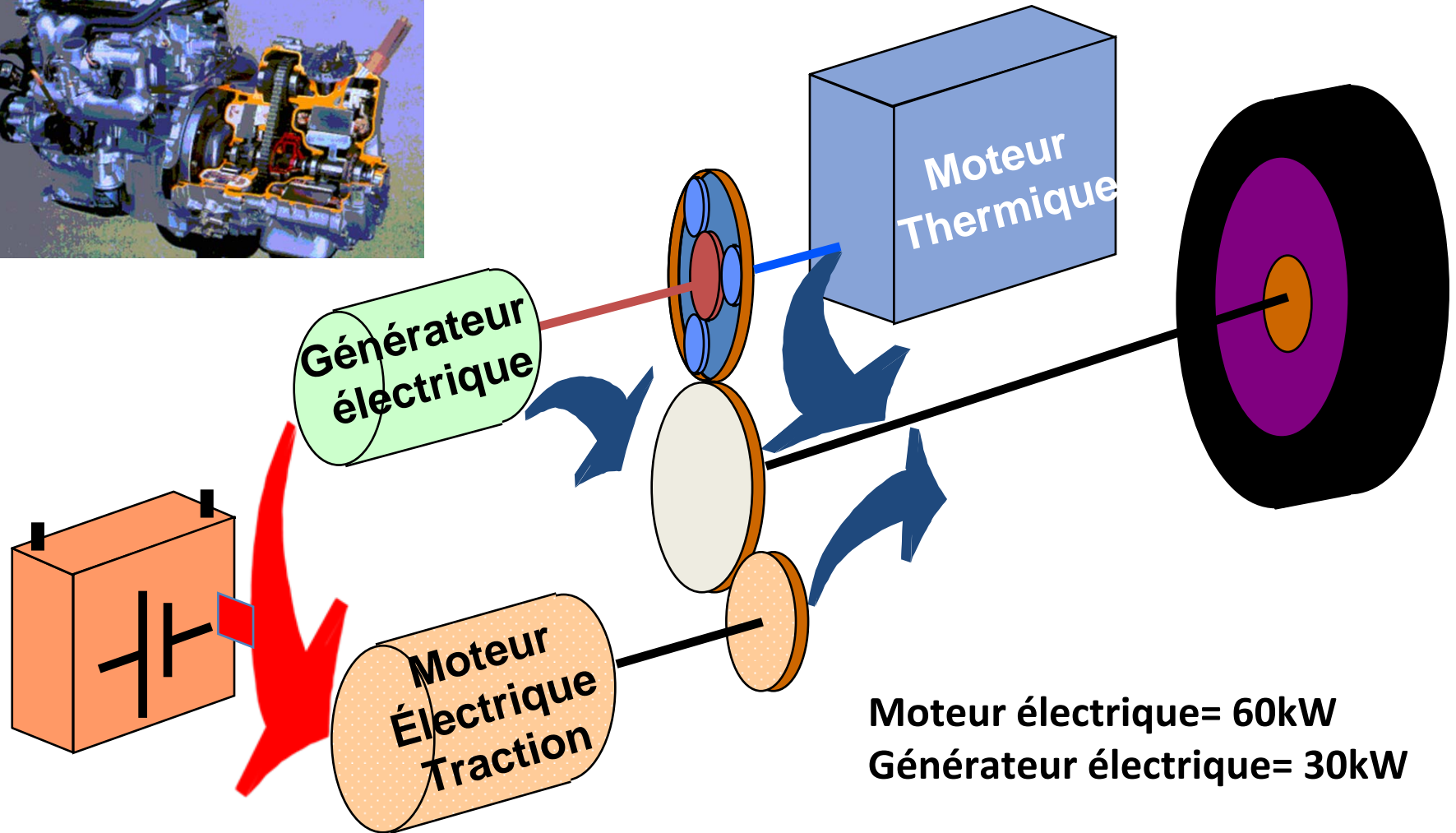
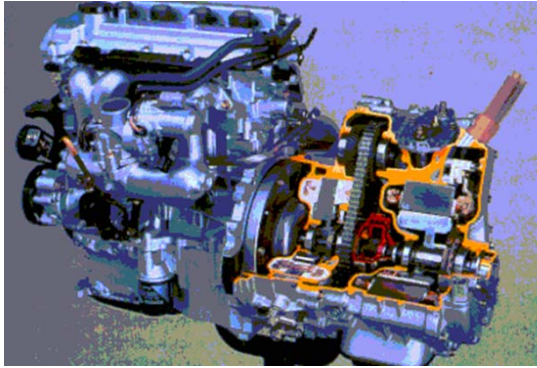
- Bosch Full Hybride
- 34 kW électrique

# Hybrid Parallèle/série

- La référence La Toyota Prius



# Architecture fonctionnelle Toyota Prius



Moteur électrique= 60kW  
Générateur électrique= 30kW

Dérivation électrique  
de puissance

# hybride HYbrid4: full parallèle /mild série

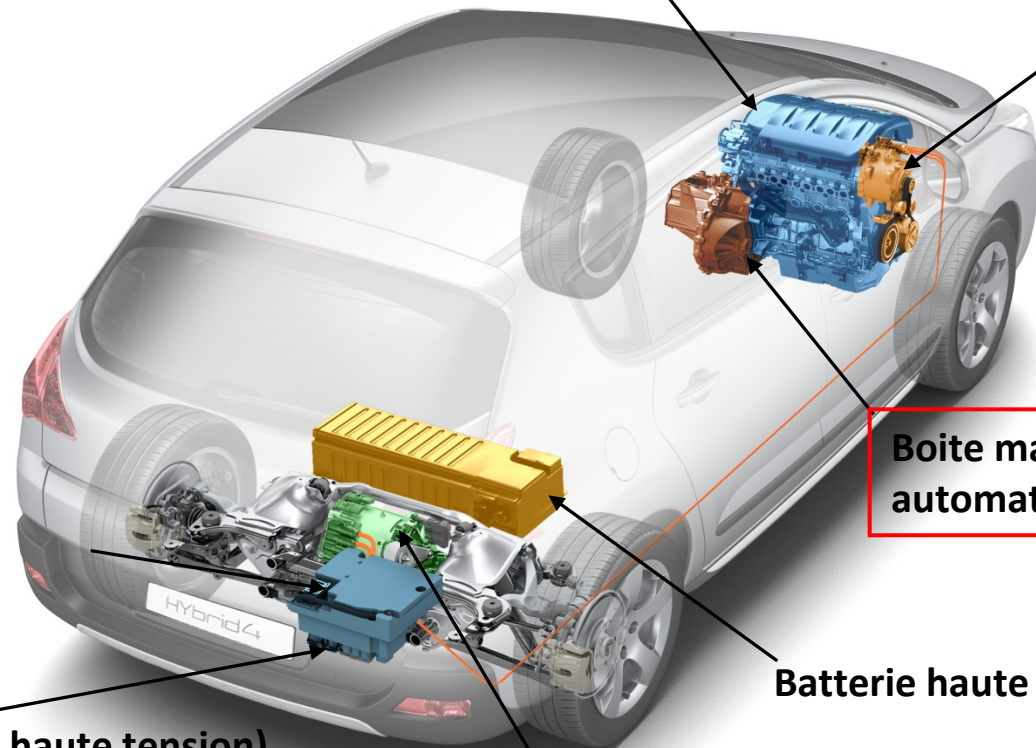
▶ 200 CH e-4WD

▶ 99 g CO<sub>2</sub>/km

▶ 3,8 l/100 km

2.0 l HDi FAP, 125 kW

Stop&Start Haute tension  
8 kW



Boite manuelle 6 vitesses  
automatisée

Superviseur chaine de  
transmission hybride

Electronique de Puissance  
(Convertisseur & Onduleur haute tension)

Batterie haute tension (NiMh)

Train arrière électrique 30 kW

Composants existants

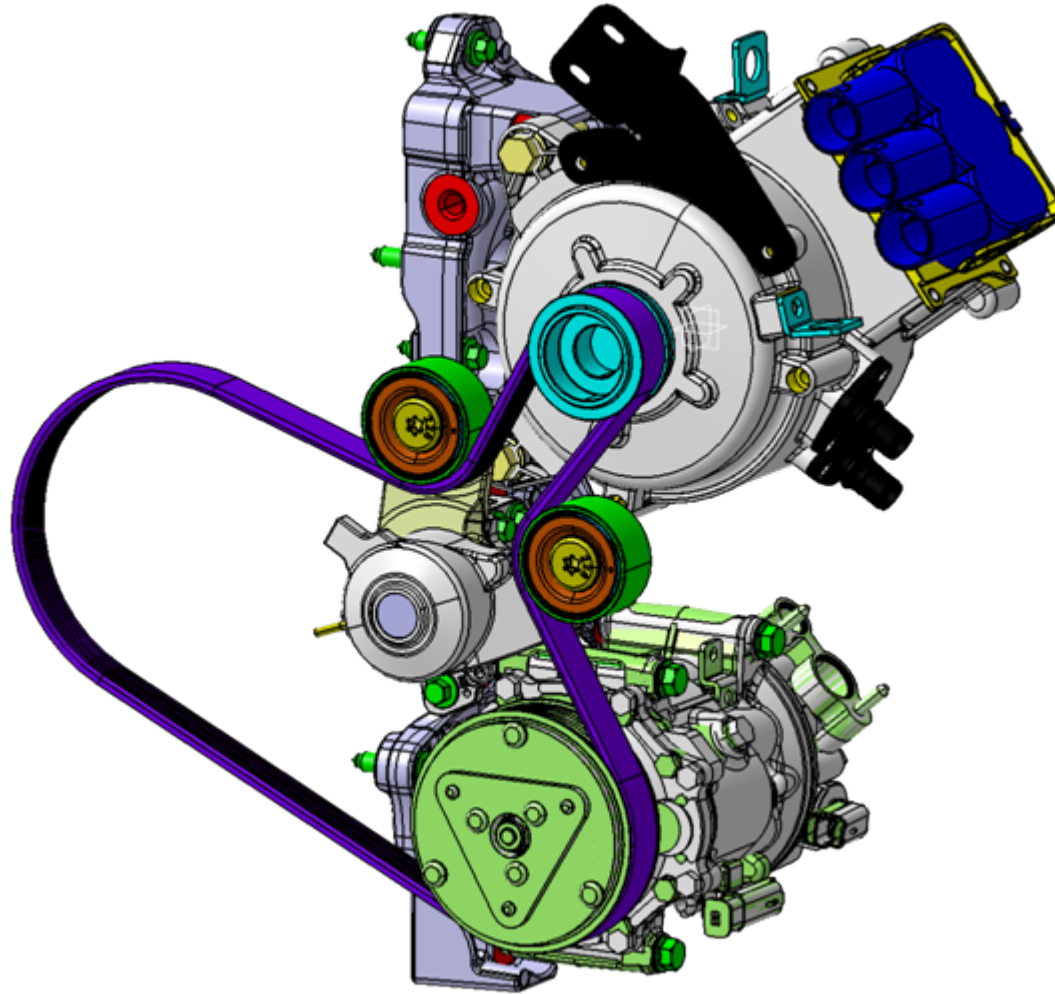
# HYbrid4

PSA PEUGEOT CITROËN

38

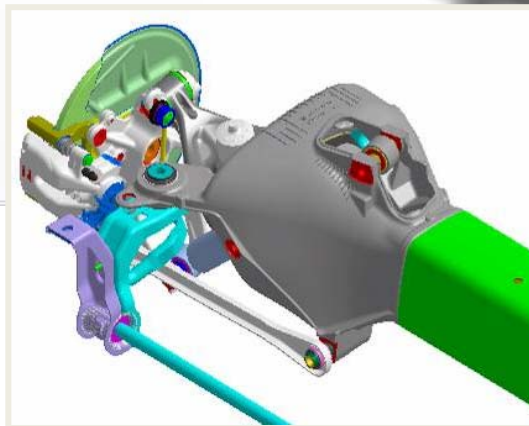
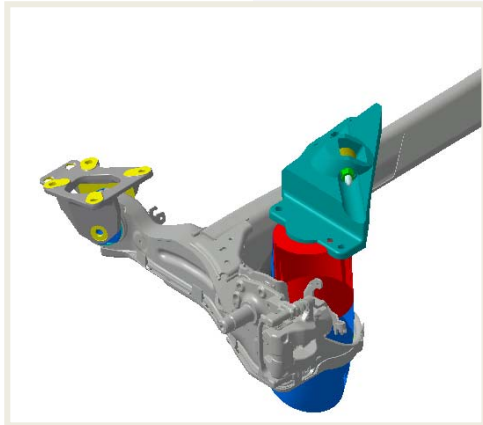
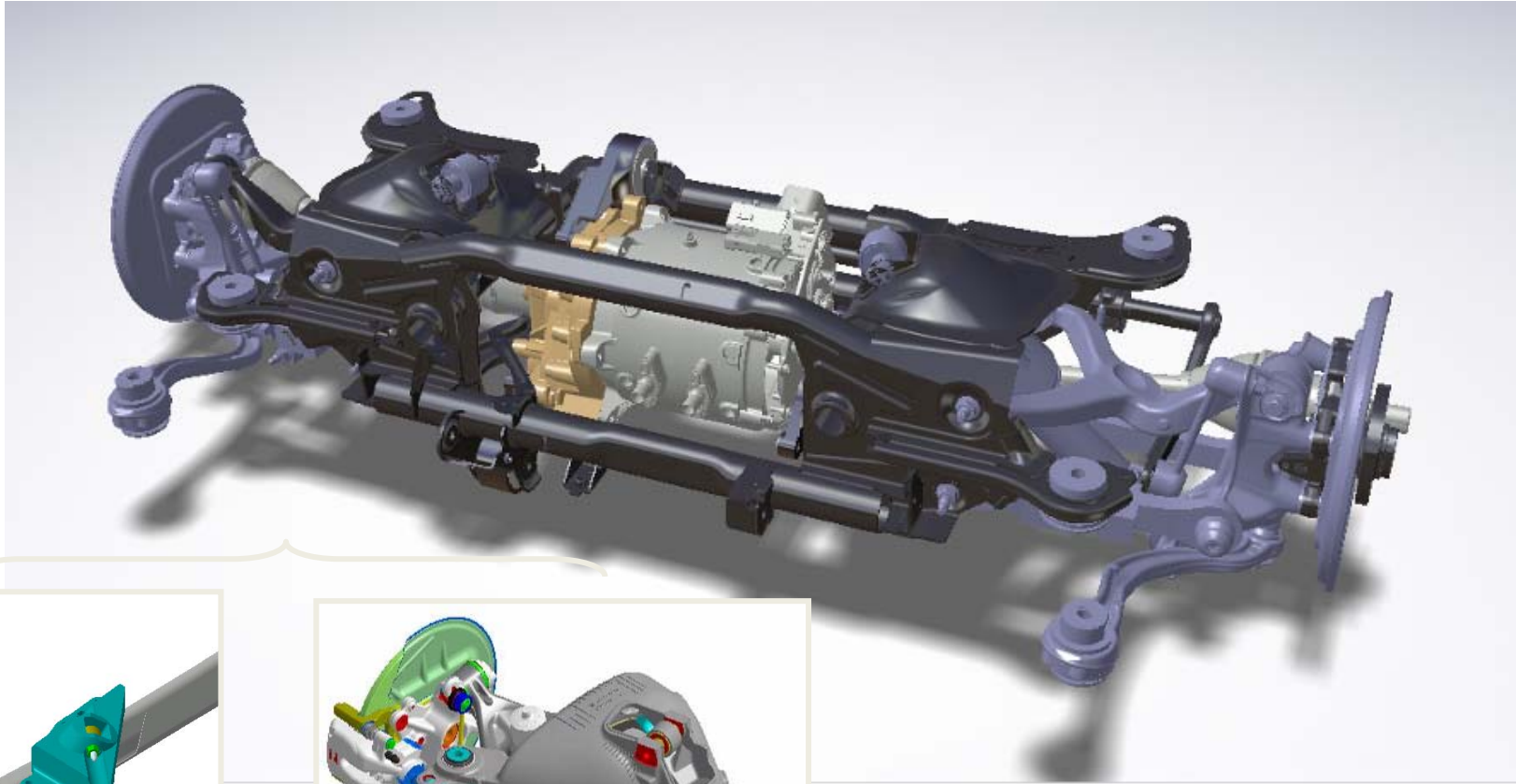
Secrétariat Général

# Mild Série: 8 kW



***alternateur Stop&Start haute  
tension***

## Full Parallèle : 30 kW



***Moteur électrique AR***


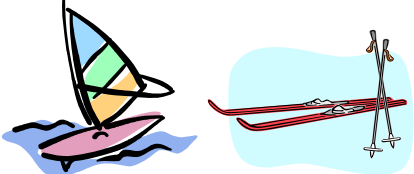
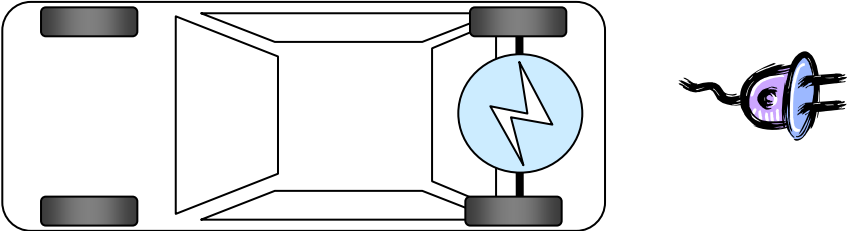
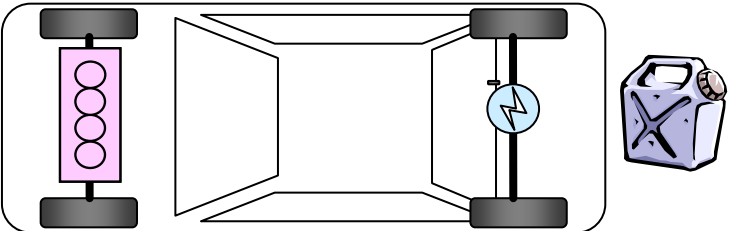


# Hybride Rechargeable

- Autonomie de 25 à 70 km en mode ZEV
- Recharge sur le réseau en 1 heure
- Les hybrides série sont majoritairement rechargeable
- Potentiel de réduction de CO2 important si usage ZEV majoritaire

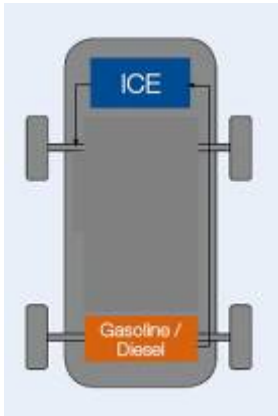
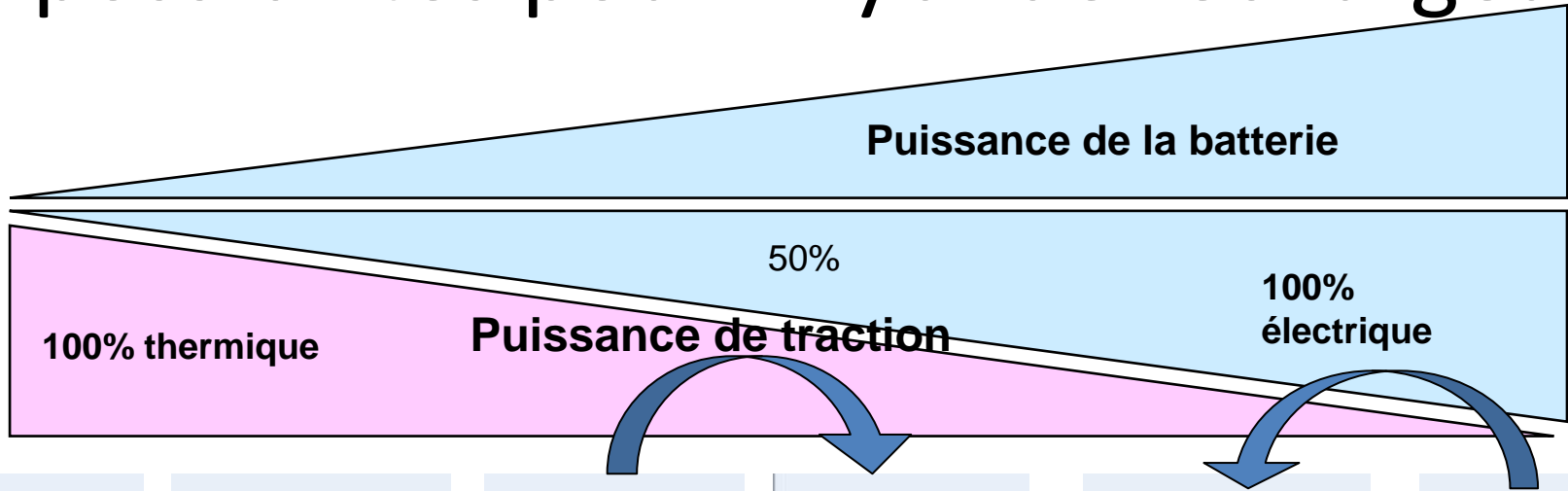
# l'Hybride rechargeable

- Roule au quotidien en électrique pur
- Totalelement polyvalent

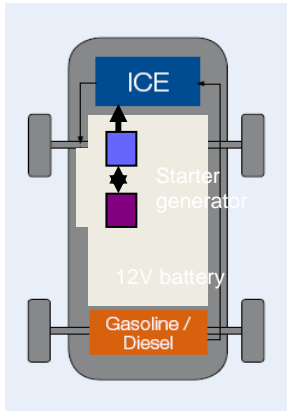
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi (+ congés)	Dimanche (+ congés)
Usage quotidien courtes distances					Usage occasionnel longues distances	
						
Mode électrique + recharge électrique					Mode hybride + ravitaillement carburant	
						



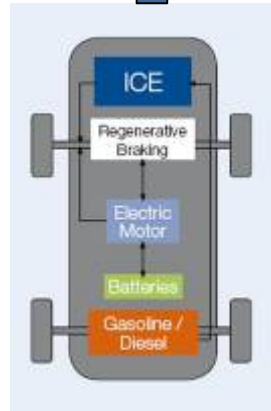
# 2 possibilités pour l'hybride rechargeable



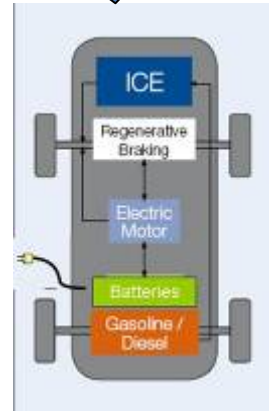
thermique



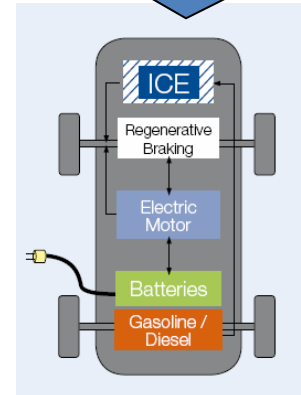
STT



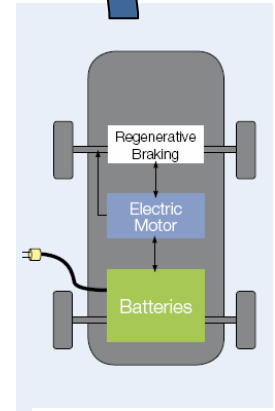
Véhicule full hybride



Véhicule full hybride rechargeable



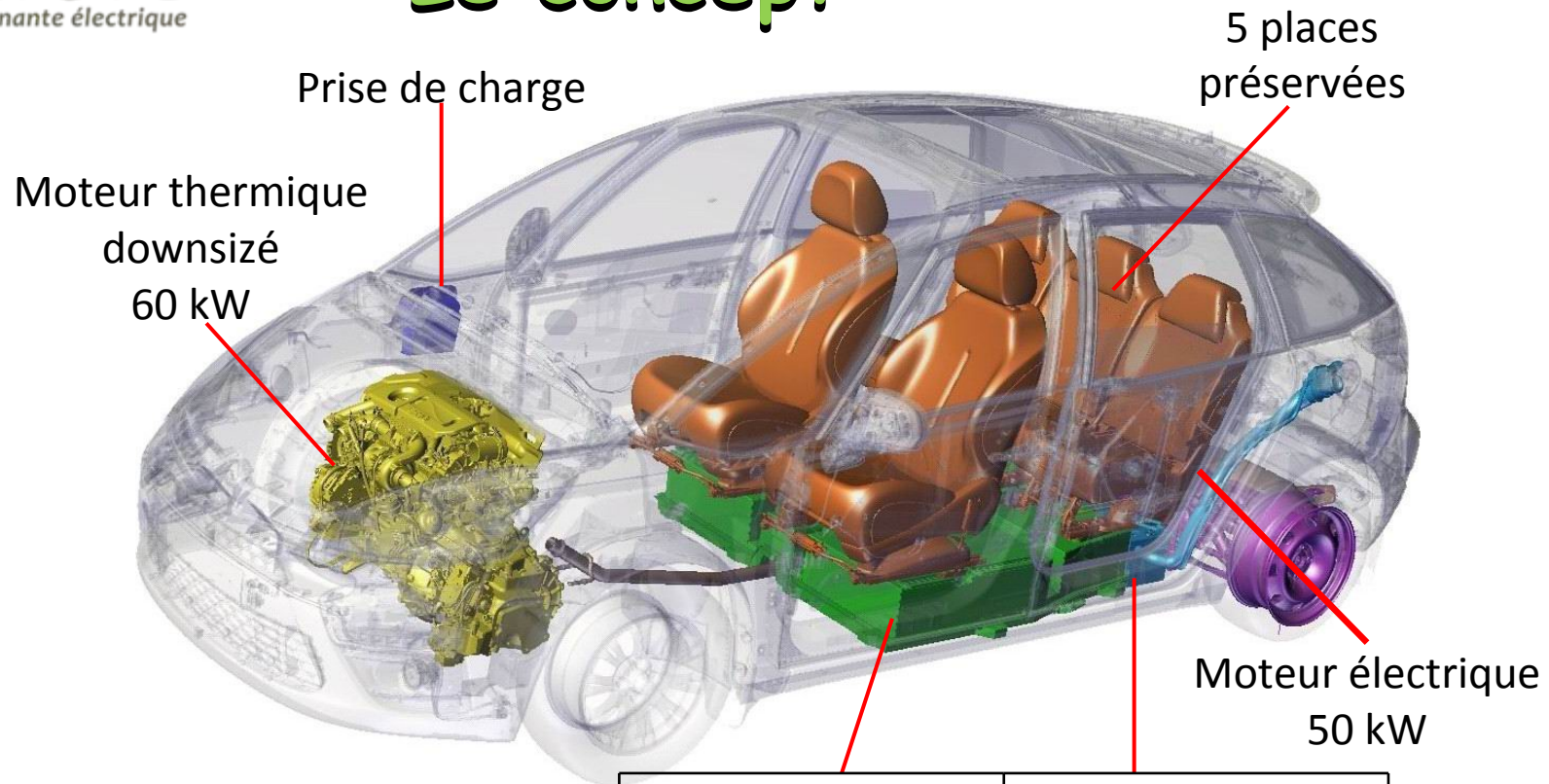
Véhicule électrique hybride Rechargeable



Véhicule électrique



# Le concept



En termes de kilomètres d'autonomie par kilogramme de stockeur, il y a un rapport de 50 à 70 entre le carburant et les batteries actuelles !

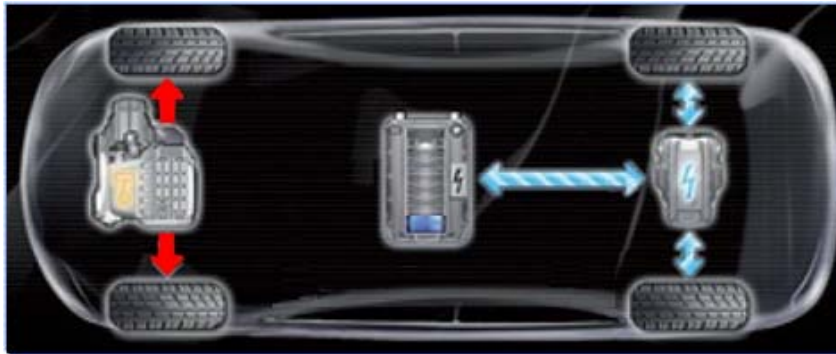
	Batterie	Réservoir de 30 litres
Masse	220 kg	~35 kg
Energie (totale)	15,2 kWh	260 kWh
Energie (utile)	11,5 kWh	260 kWh
Autonomie sur cycle	60 km	500 km
Temps de recharge	5 heures	< 5 mn

# full parallèle / full série

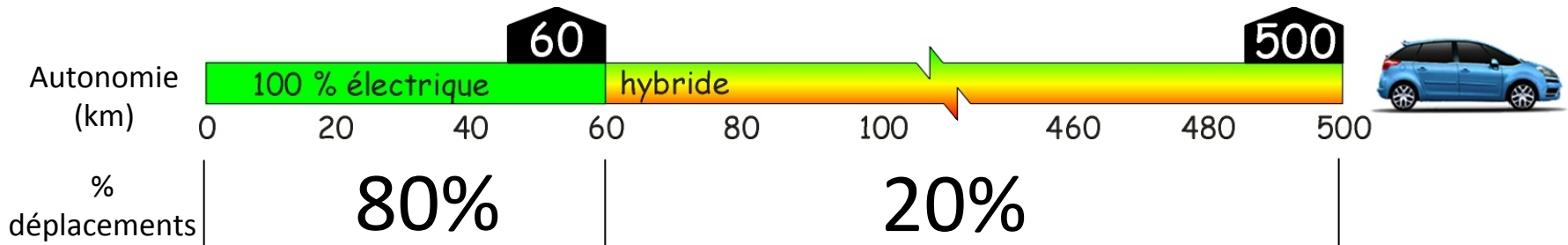


## Mode électrique

- 0 émission & silence
- 50 kW
- 110 km/h



- 110 g CO<sub>2</sub> / km
- 110 kW
- 150 km/h
- 4x4



# Full hybride rechargeable



Moteur Puissance : 73 kW

Batteries : Lithium Ion

Info Batterie : Temps de charge : 1 heure 30 -

Récupération d'énergie par freinage

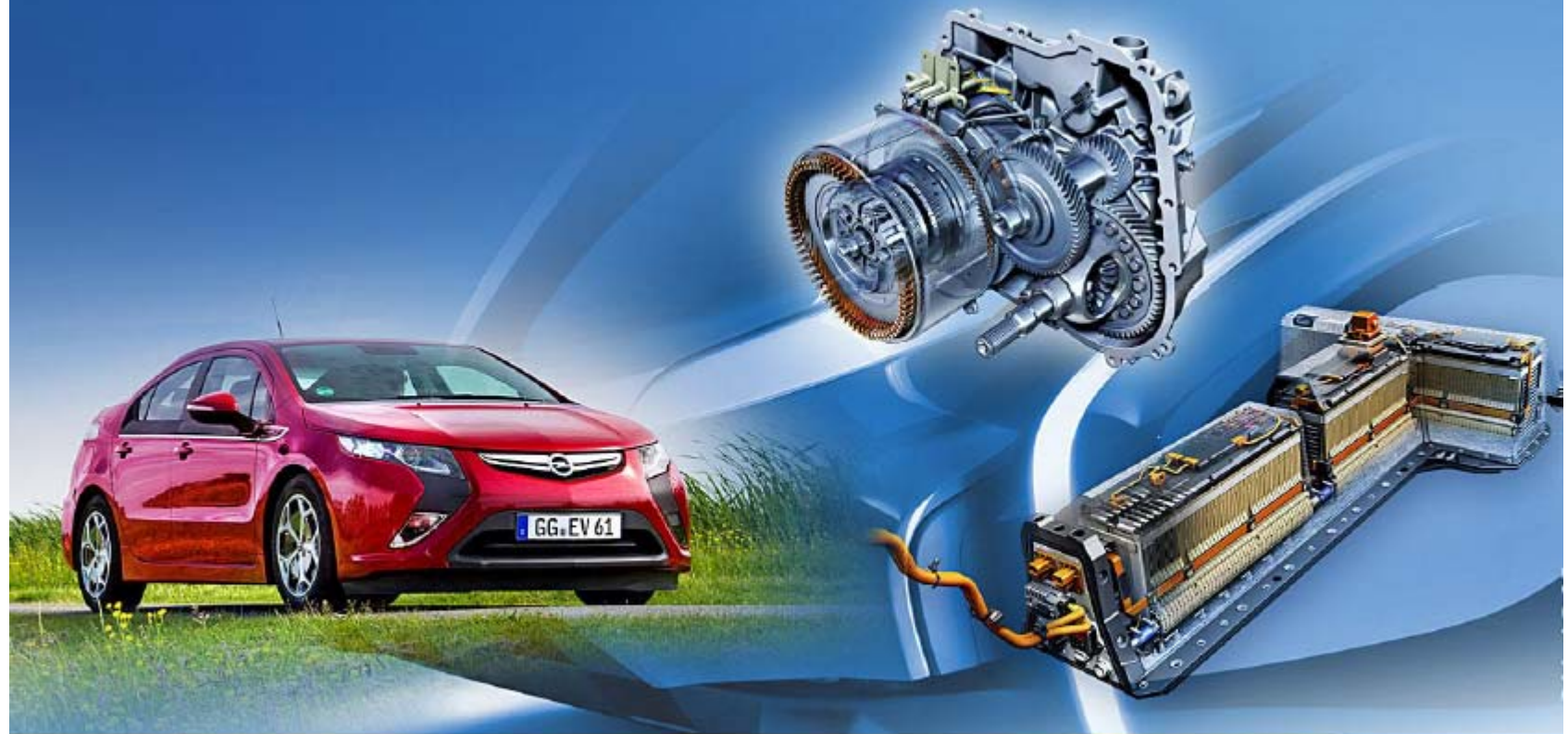
Autonomie : 23 (en tout électrique) km

Vitesse maximum : 180 km/h

Accélération : De 0 à 100 km/h en 11,3

# hybride rechargeable :Range extender

## Opel Ampera Electric Drive System



# hybride rechargeable :Range extender

## Opel Ampera Extended-Range Electric Vehicle (E-REV)

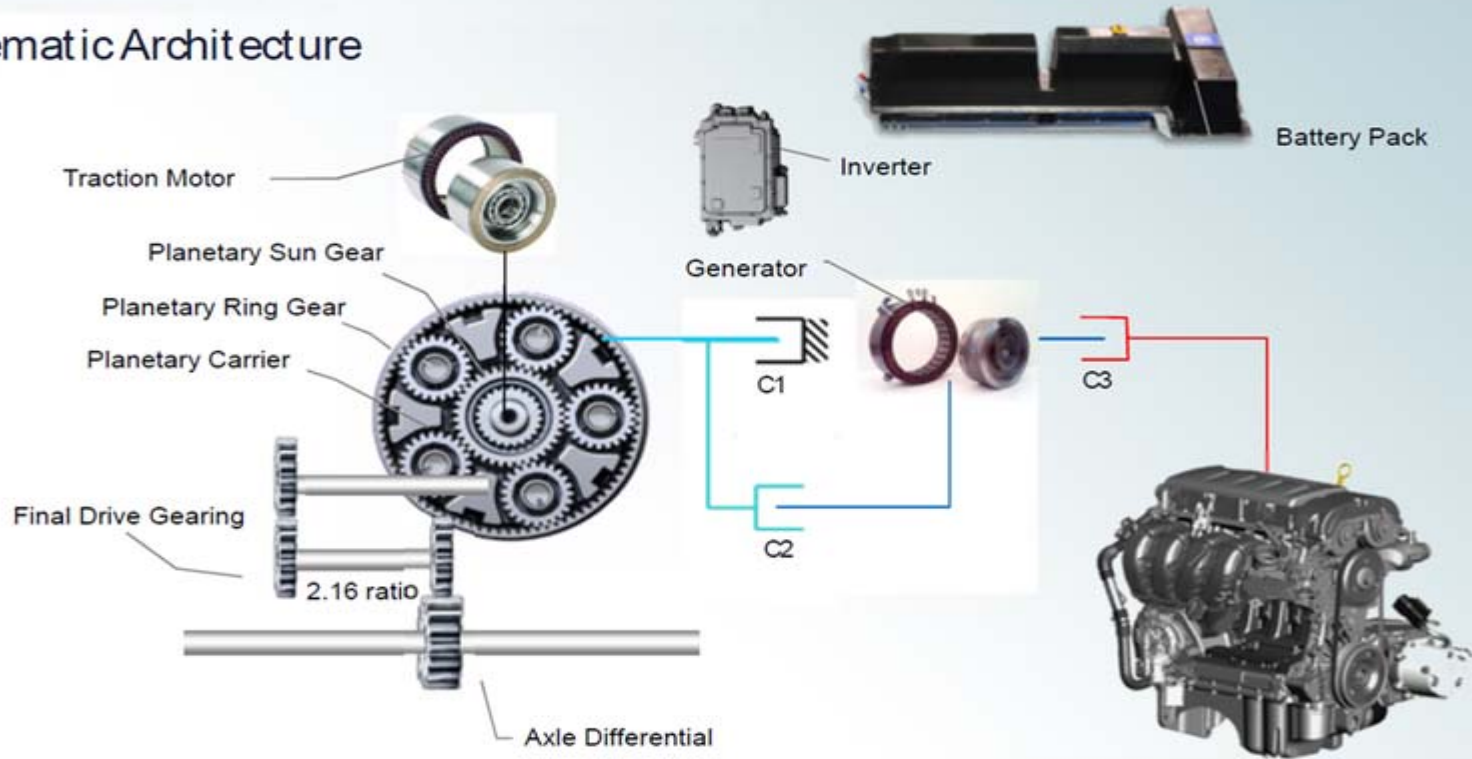
Max. power:	111 kW
Max. torque:	370 Nm
Top speed:	160 km/h
Acceleration (0-100 km/h):	< 10 s
Energy content (battery):	16 kWh
Charging time:	4 – 6 h @ 230 V
Range (battery-electric):	40 – 80 km
(total):	>500 km





# Ampera: full série / full parallèle?

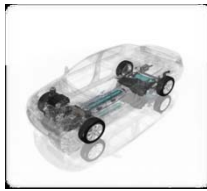
## Kinematic Architecture



## Chevy Volt: Two Motors, Four Operating Modes

Power Mode	Operating Mode	Power Sources
All Battery-Electric (Charge depleting)	1. Low-speed, 1 Motor	Battery
	2. High-Speed, 2 Motors	Battery
Extended-Range (Charge sustaining via ICE)	3. Low-speed, 1 Motor Series	Battery (with charge maintained by generator)
	4. High-Speed, 2 Motors Combined	Battery (with charge maintained by generator); supplemental torque from generator motor and ICE

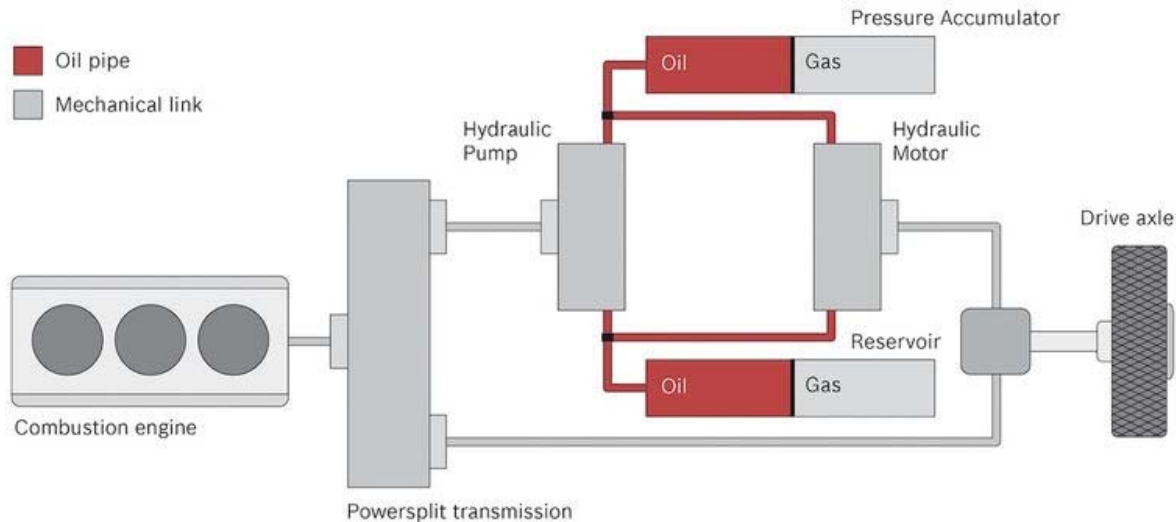
# Hybrid Air



Hybride Hydraulique

Dérivation de puissance = Full parallèle /full série

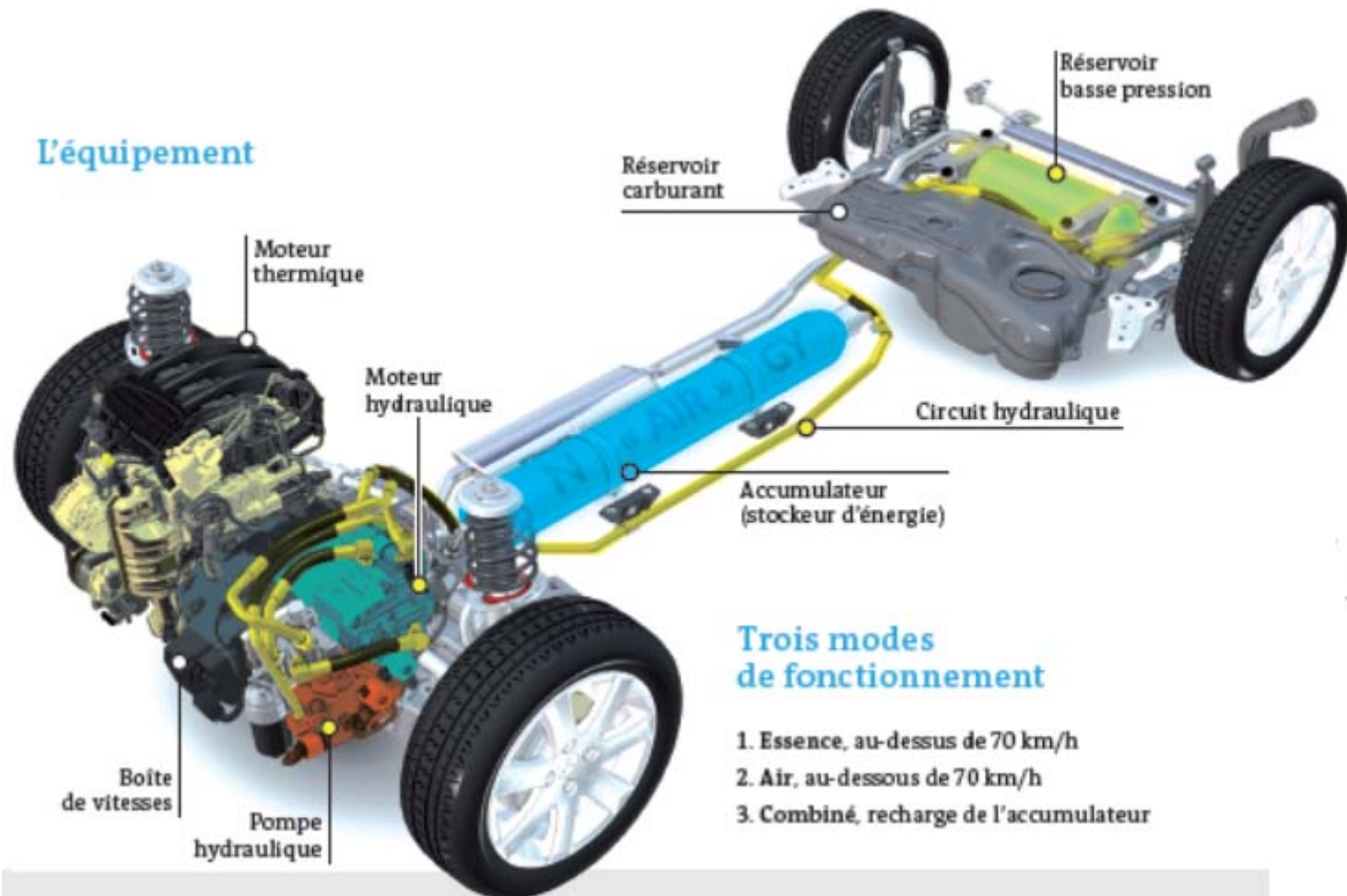
Mais avec peu d'énergie embarqué



# Hybrid Air: full parallèle/full série

Une solution innovante « full hybride » essence  
Une étape clé vers la voiture 2l/100 km à l'horizon 2020

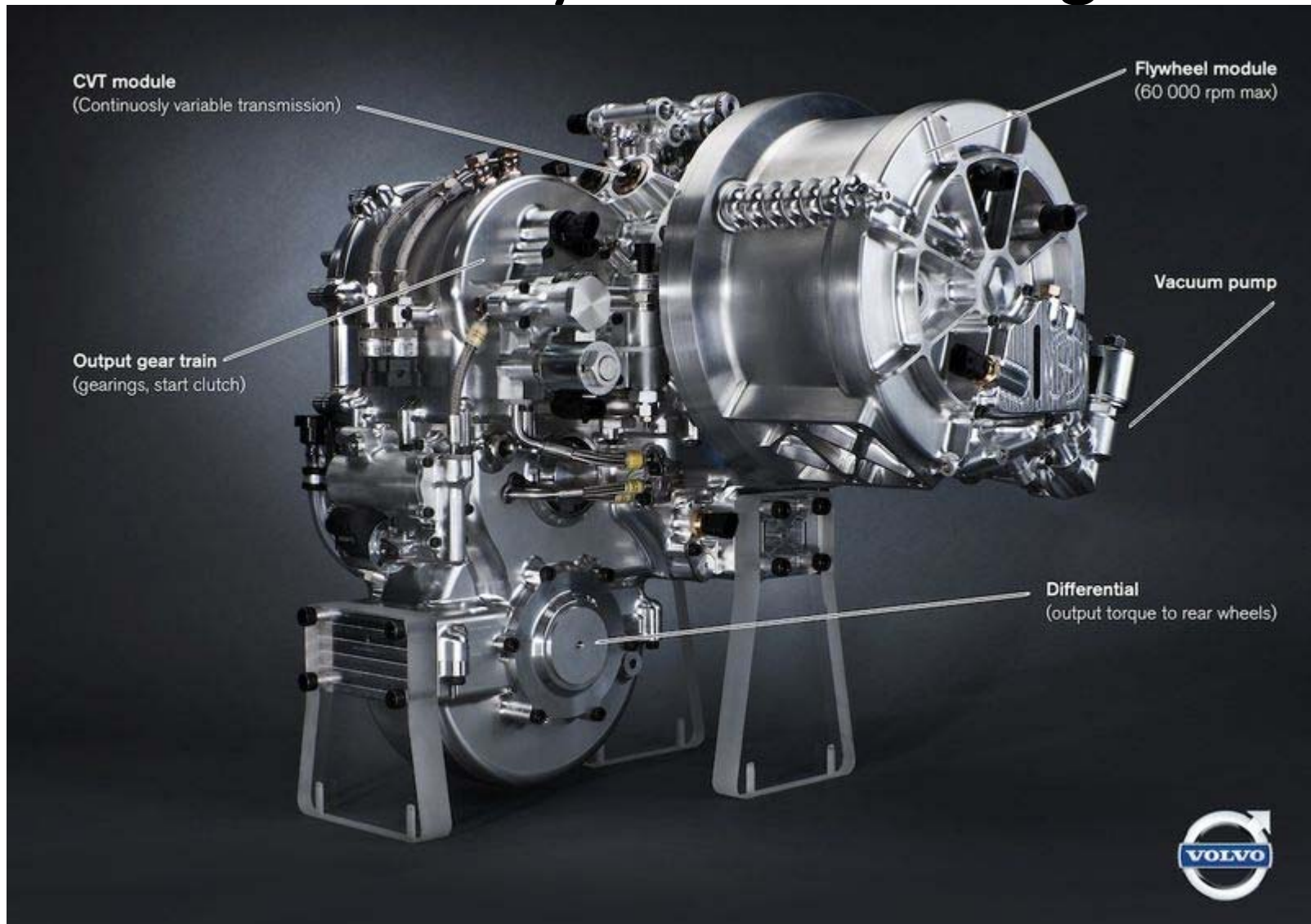
## L'équipement



## Trois modes de fonctionnement

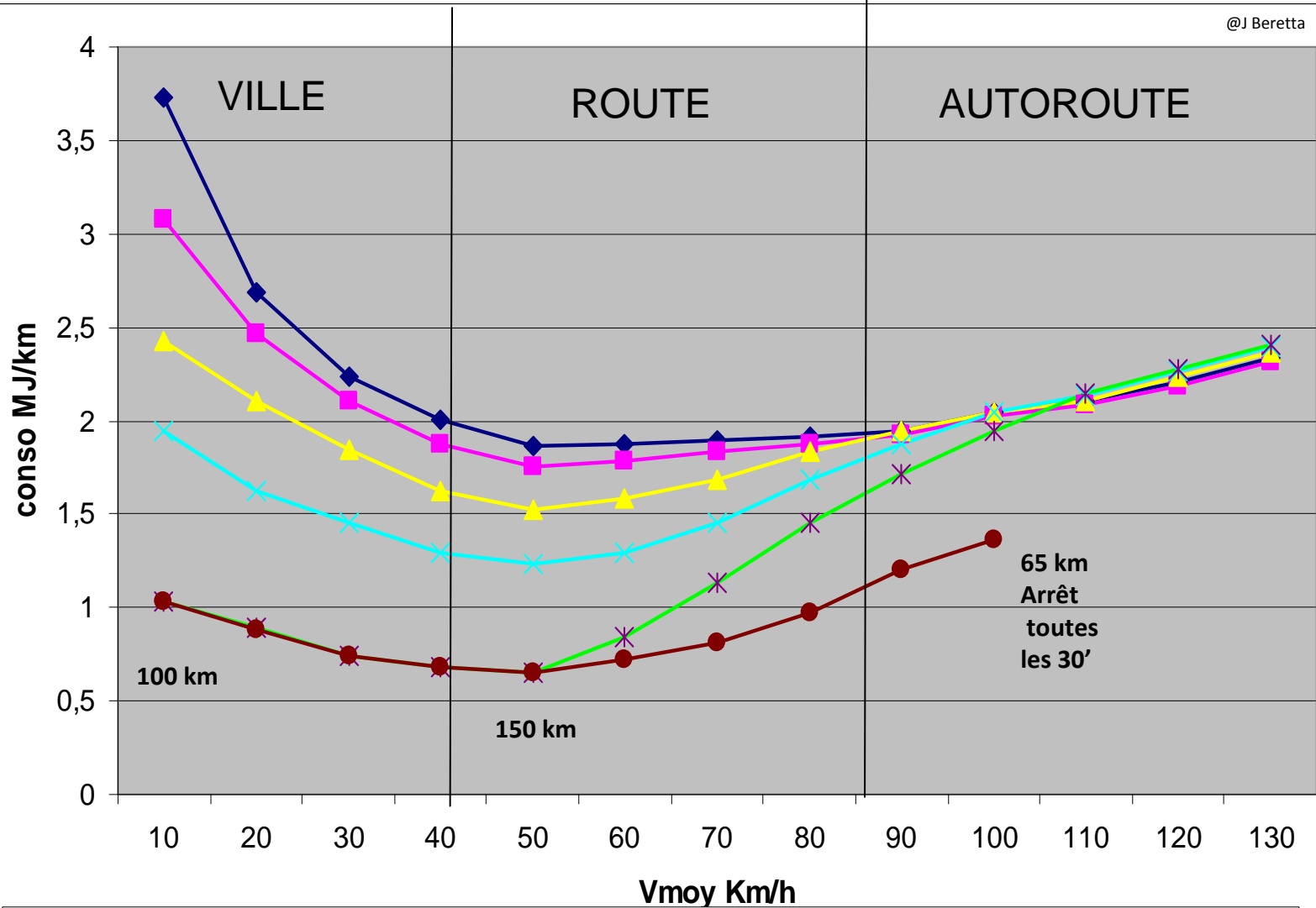
1. Essence, au-dessus de 70 km/h
2. Air, au-dessous de 70 km/h
3. Combiné, recharge de l'accumulateur

# Hybride mécanique: Volvo kers system 25% de gain



# Consommation énergétique des technologies électriques et usage

@J Beretta

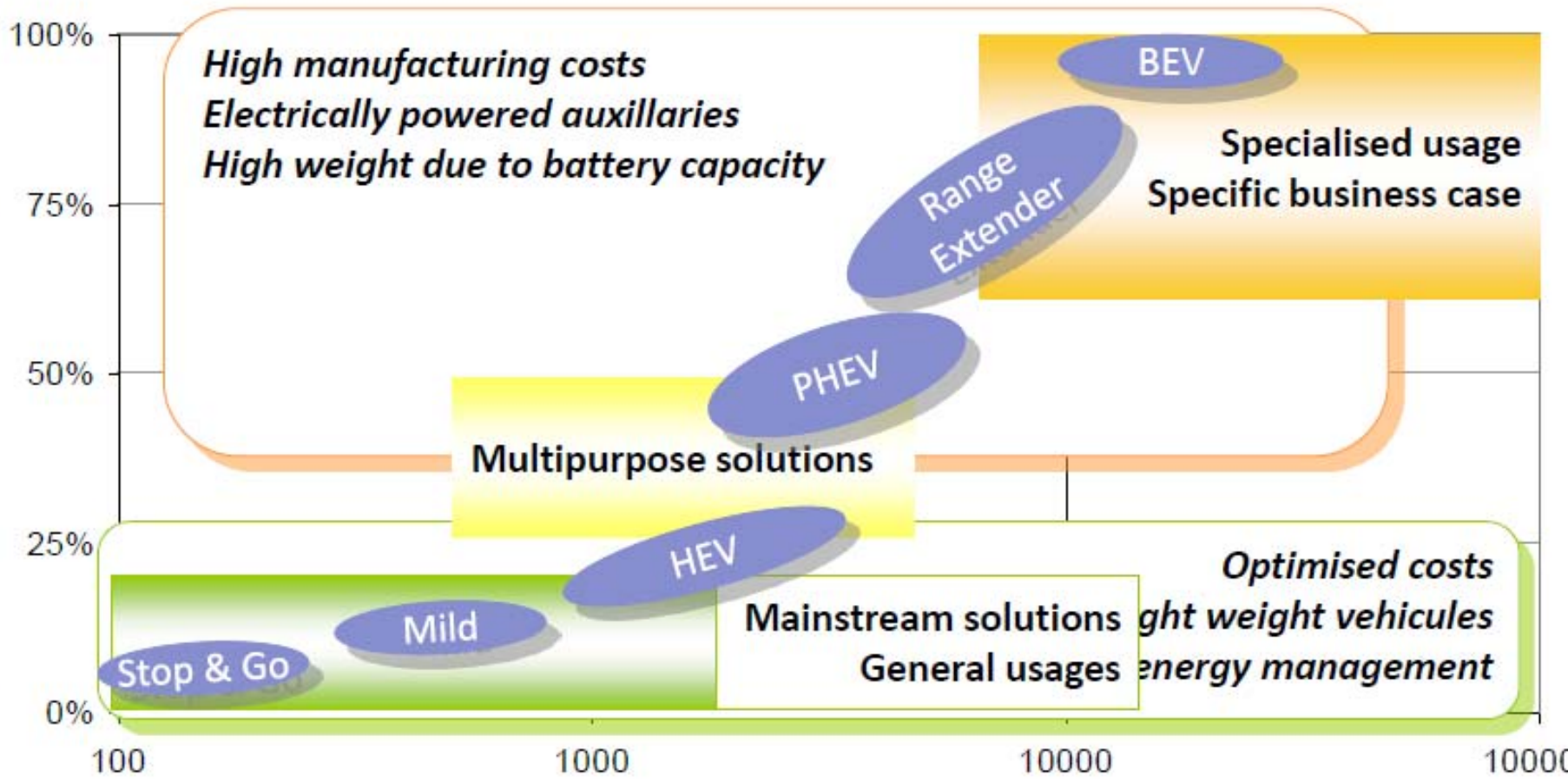


C4 essence 1.6i  
 Urbain: 9,5l/100km  
 Ext urb: 5,7l/100km  
 Mixte : 7,1l/100km



# Powertrains choice ...

reduction of CO2 emissions



Thermal powertrain extra cost

# Conclusions

- Le moteur thermique sera toujours présent, Il devra partager avec l'électricité.
- l'Hybride est une solution durable
- Orientation:
  - Pour le coût = le micro et le Mild
  - Pour les performances = le full en série/parallèle
- Explorer les autres voies que l'électrique:
  - Hydraulique
  - Mécanique

**Choisir sa motorisation en fonction  
de son usage majoritaire**