

Électrification des véhicules, quelles solutions, quels potentiels ?

François BADIN - IFP Energies nouvelles

ENS Cachan, 27 août 2014



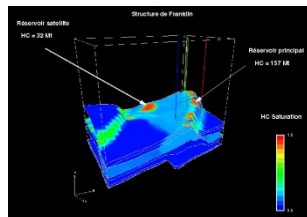


IFP strategic priorities

Preparing for the energy transition

EXTENDED RESERVES

Pushing back the boundaries in oil and gas exploration and production



CLEAN REFINING

Converting as much raw material as possible into transport



DIVERSIFIED FUELS

Diversifying fuel sources



ACV vecteurs énergétiques et véhicule

FUEL-EFFICIENT VEHICLES

Developing clean, fuel-efficient vehicles



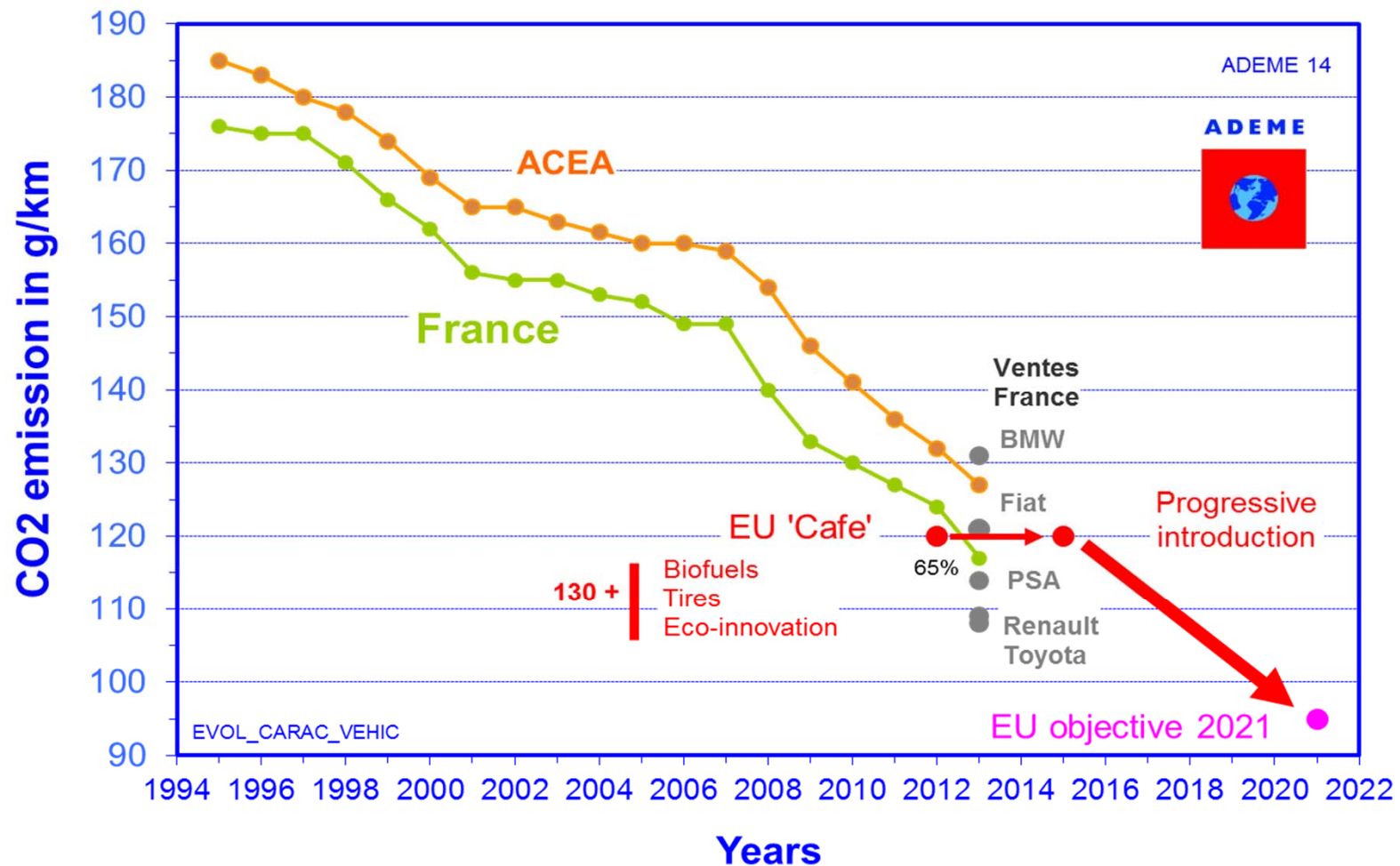
Powertrain Engineering

CONTROLLED CO₂

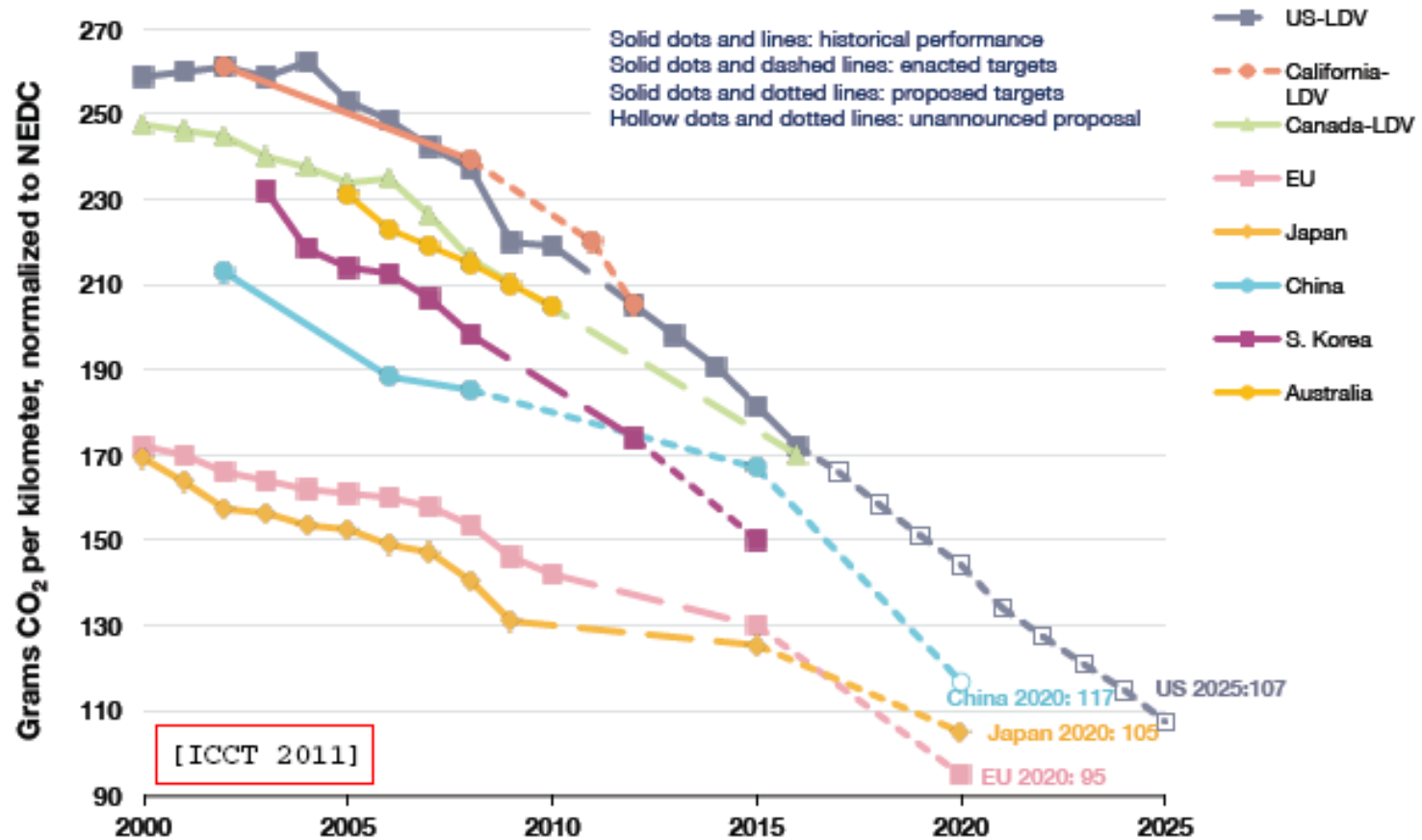
Capturing and storing CO₂ to combat greenhouse effect



Evolution et perspectives des émissions de CO₂ des véhicules (France et Europe)

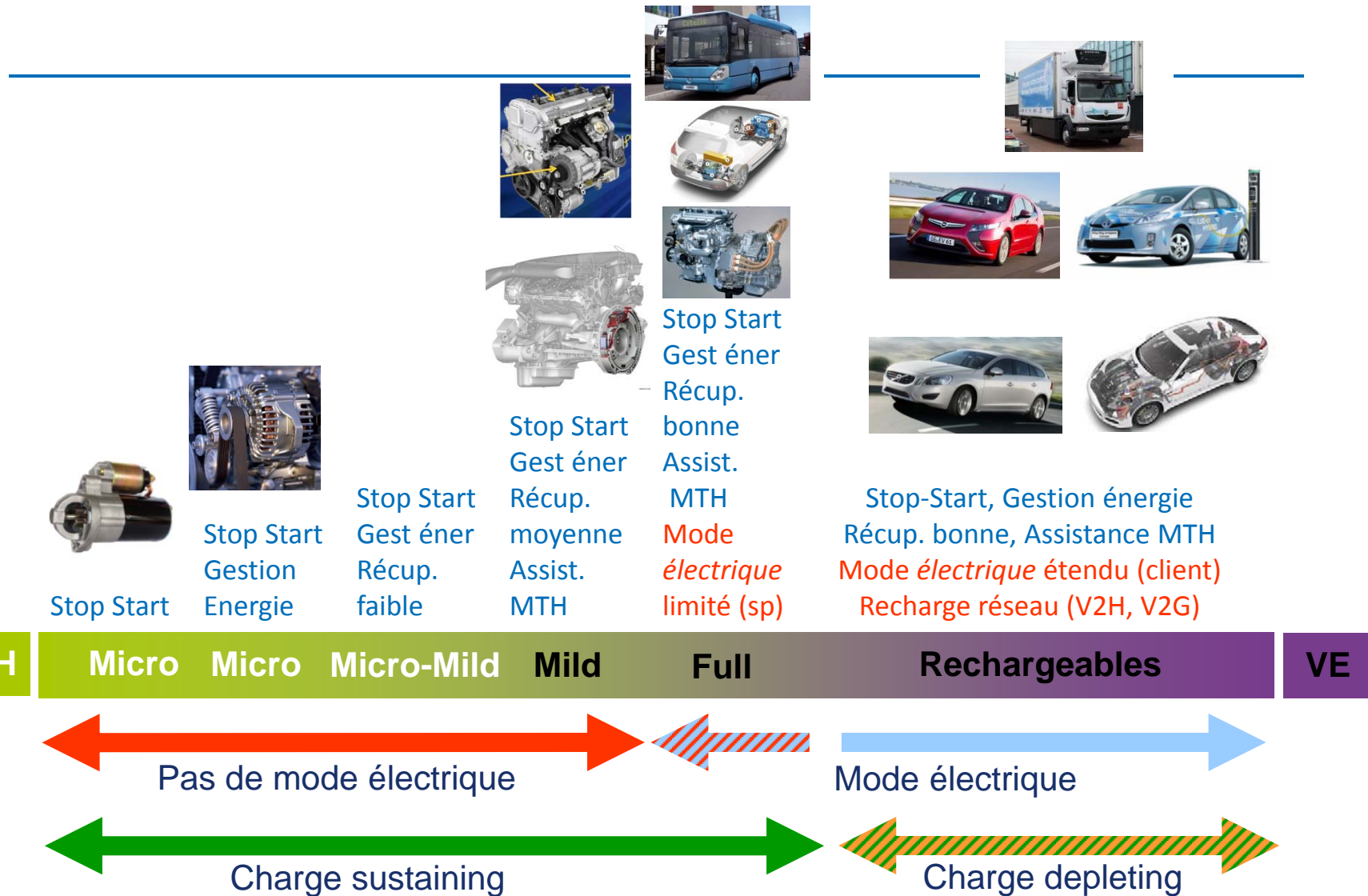


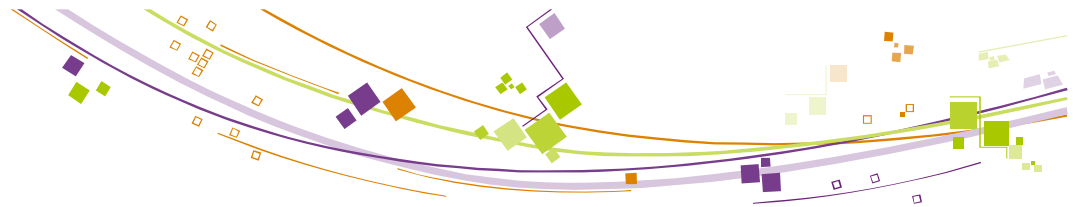
Evolution et perspectives des émissions de CO₂ des véhicules (Monde)



[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.

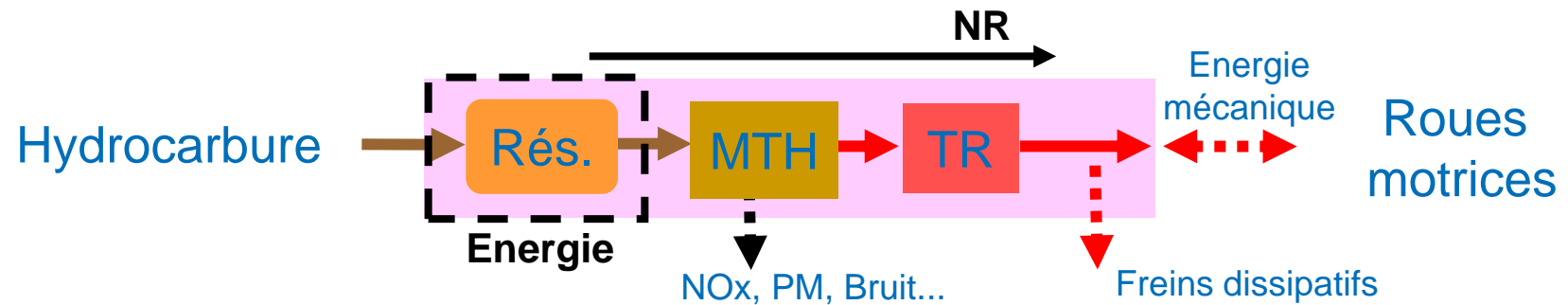
Principales solutions possibles



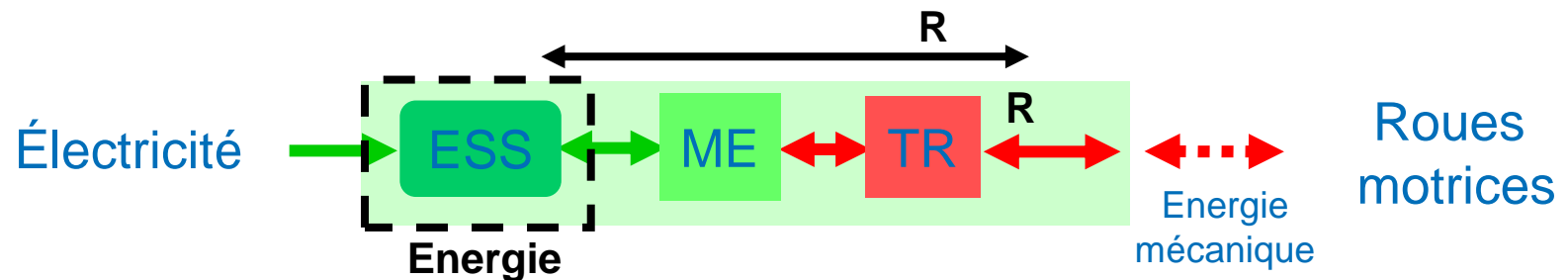


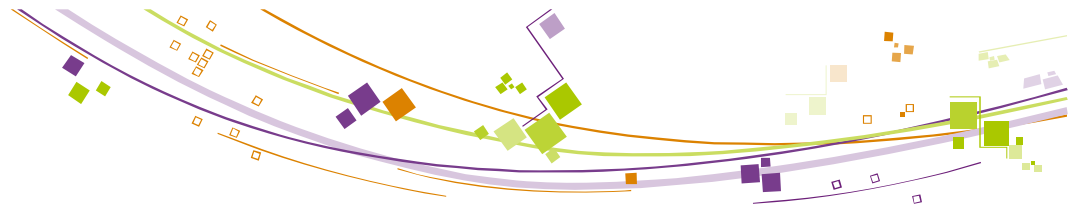
Options de motorisation

■ Existantes (moteur thermique)



■ Alternative (tout électrique)





Options de motorisation

■ Exista

- Solutions maîtrisées
- Très grande autonomie et recharge immédiate
- Nuisances locales (atmosphériques, bruit)
- Nuisances globales (GES)
- Energies non renouvelables

Hydrocarbure → Rés → MTH → TR → Réseau

■ Altern

- Pas de nuisances locales
- Possibilité de réduction des nuisances globales
- Faible autonomie
- Temps de recharge
- Infrastructure
- Coût d'achat
- Incertitudes batterie
- Auxiliaires (chauffage, A/C)
- Maintenance

Électri



Grands principes de l'hybridation

Mild

Full

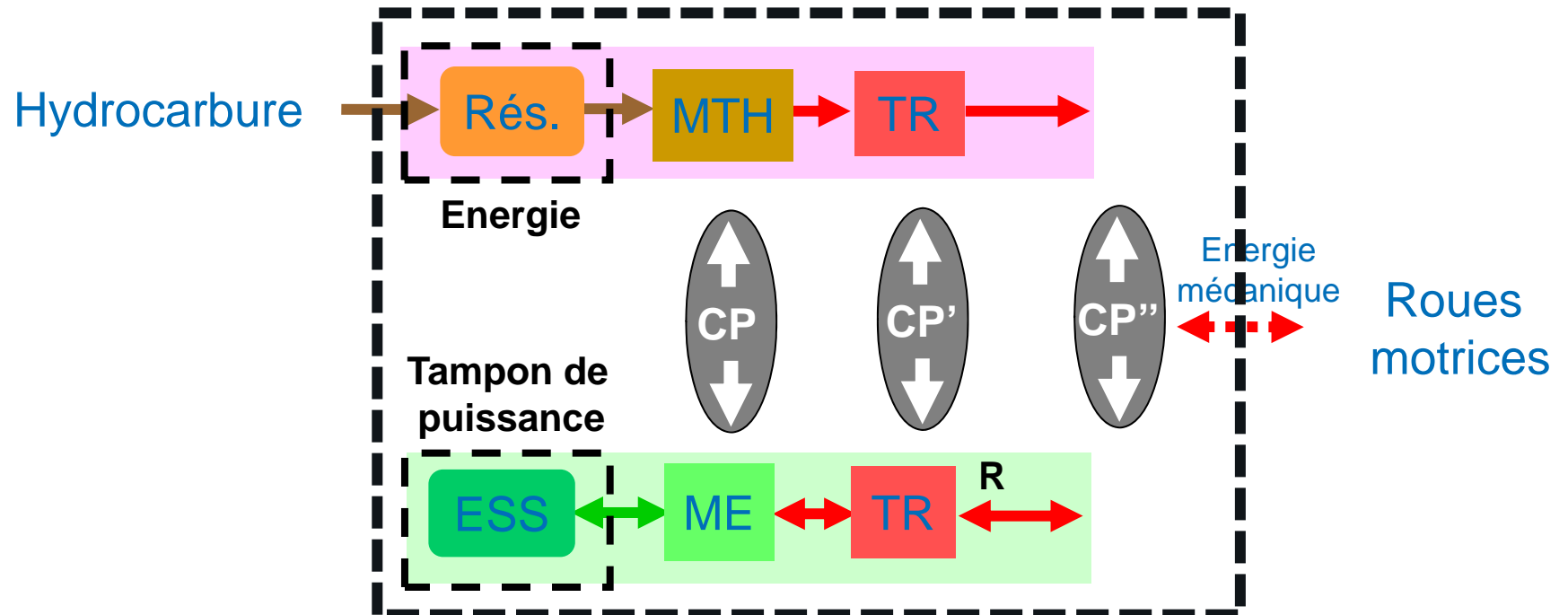
Rechargeables

VE



Solutions hybrides

■ Synergie entre les deux options

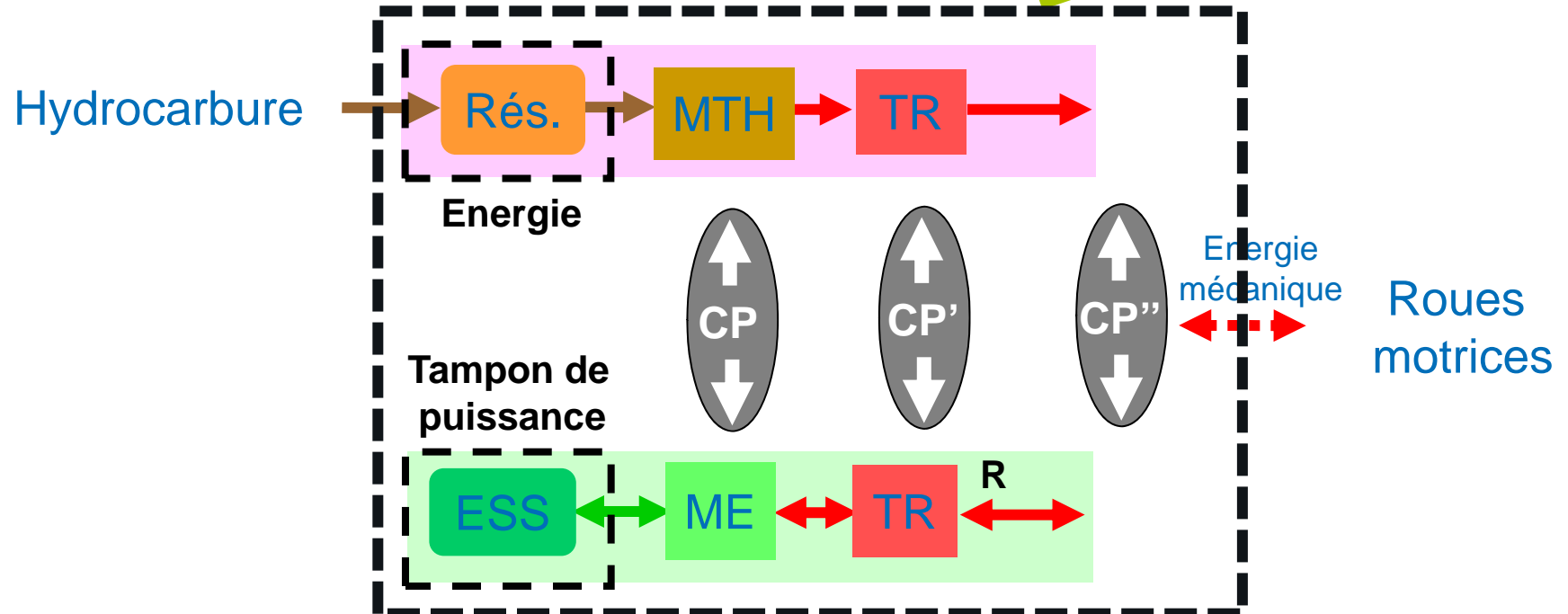


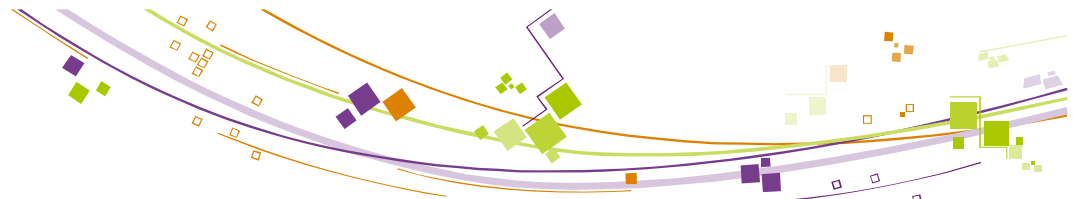
Optimisations

Solutions hybrides

- ❑ Optimisation des **conditions de fonctionnement** du moteur thermique,
- ❑ **Récupération** d'énergie au freinage,
- ❑ Optimisation de la **gestion électrique à bord**

■ Synergie entre les deux options

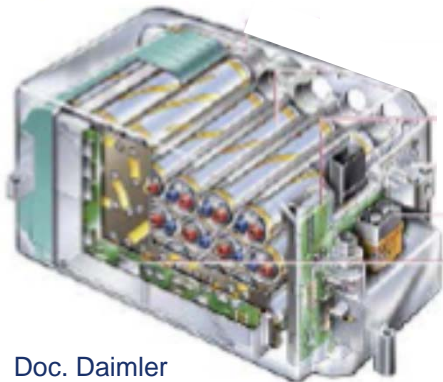




Particularités du stockage pour véhicule hybride (caractéristiques)

Batterie

- Type Daimler Benz S400



Doc. Daimler

SAFT Li Ion

~ 24 kW

~ 0,8 kWh nominal

- Type Prius non rechargeable



Doc. Toyota

Panasonic EV NiMH

~ 27 kW

~ 1,3 kWh nominal

Supercondensateur



Doc. Batscap

Oléopneumatique



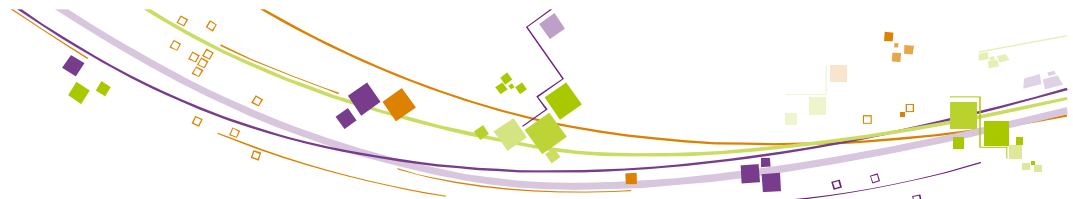
Doc. PSA

PSA

20 à 30 kW

~ 50 Wh

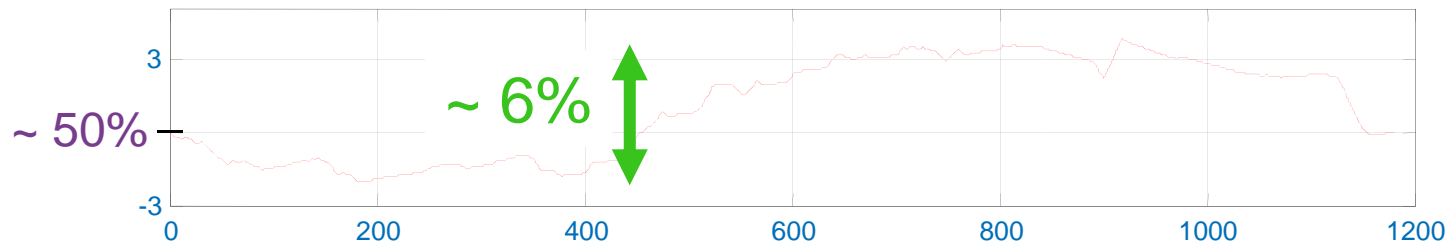
maxi possible



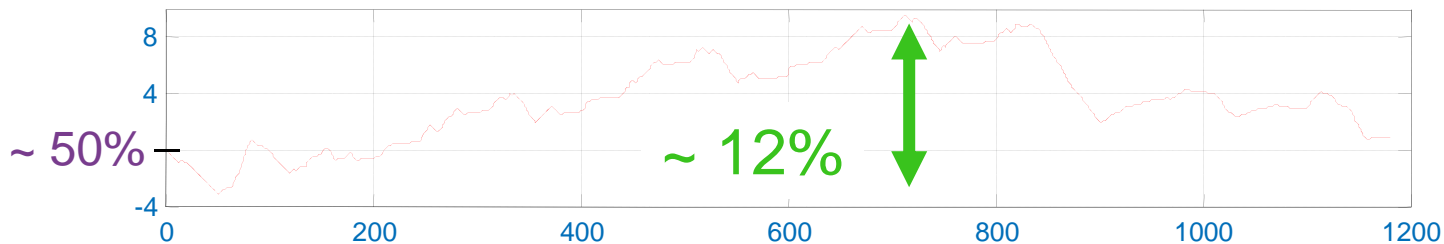
Particularités du stockage pour véhicule hybride (usage dit *sustaining*)

■ Etat de charge maintenu (buffer de puissance)

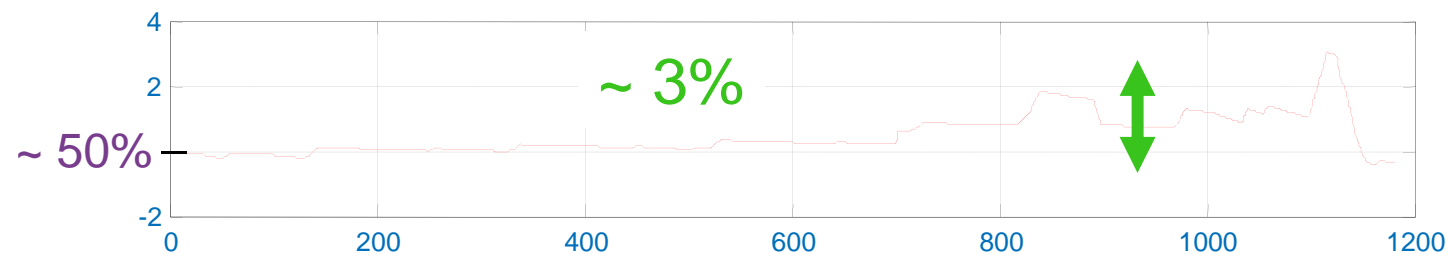
Etat de charge batterie



Prius 1

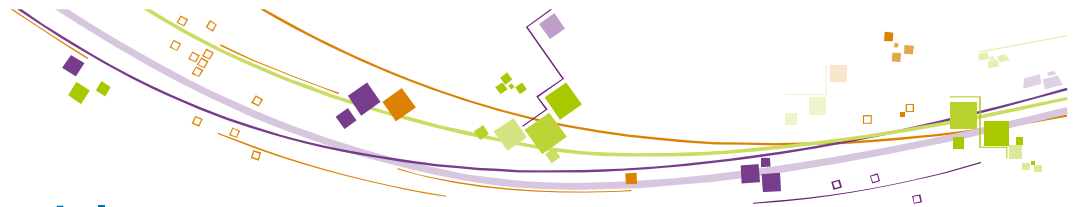


Tino



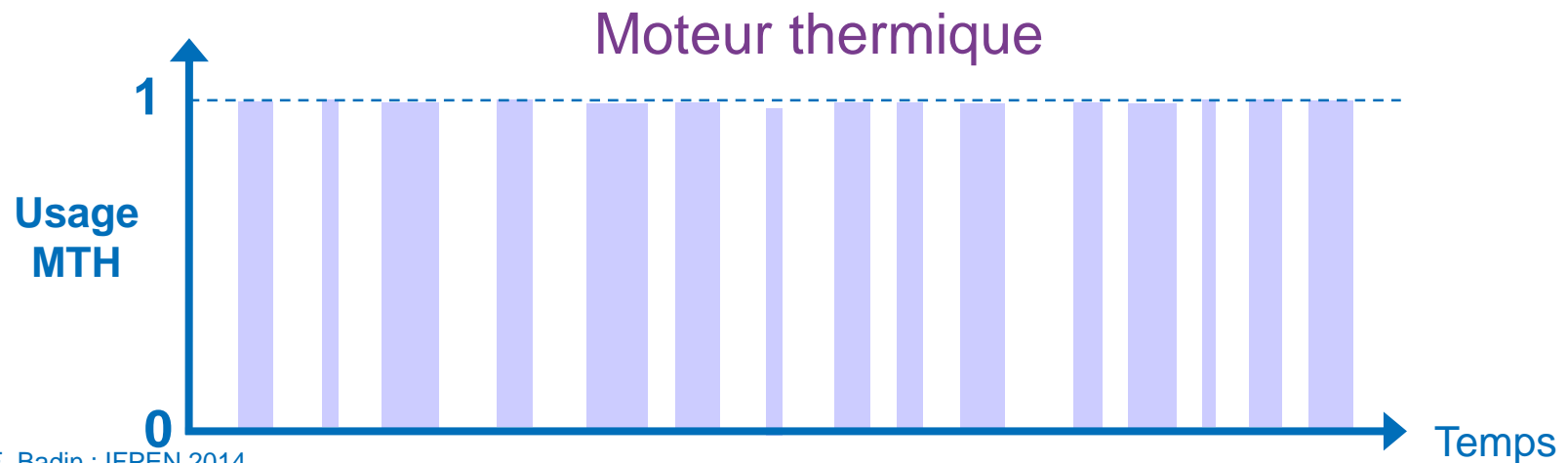
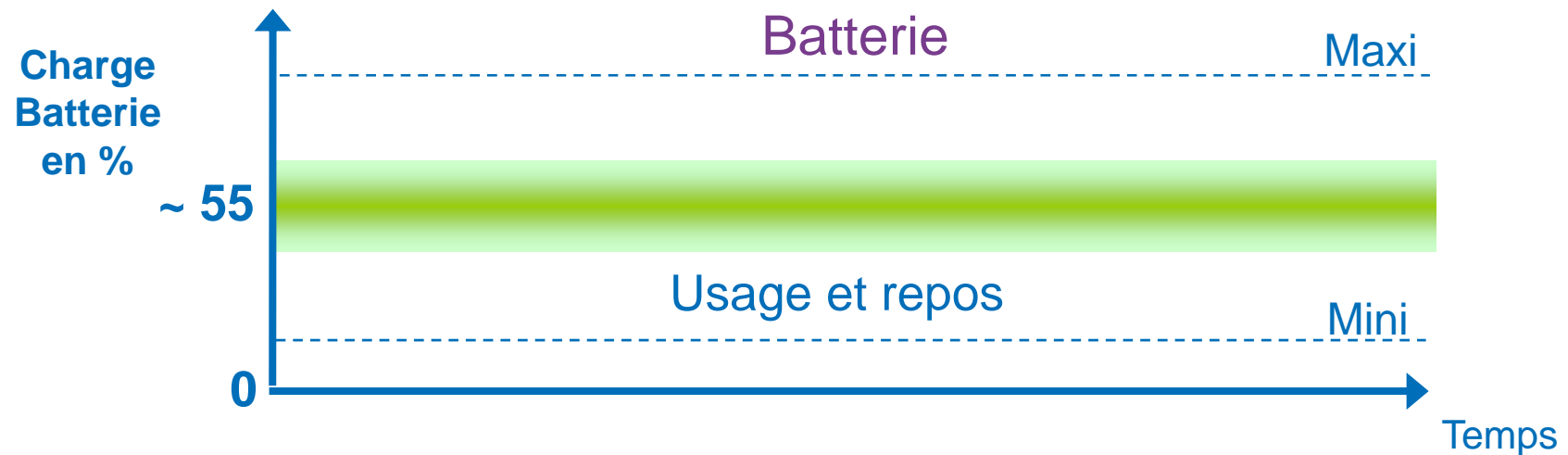
Insight

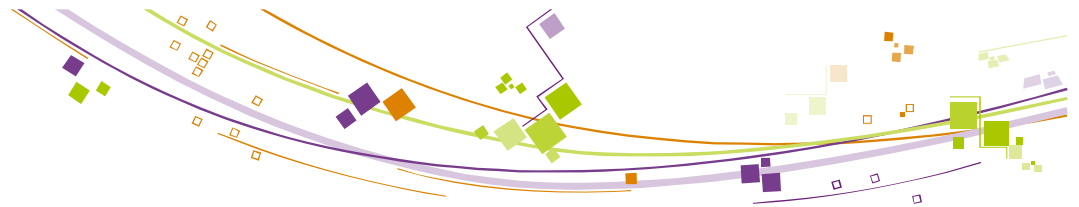




Hybride non rechargeable

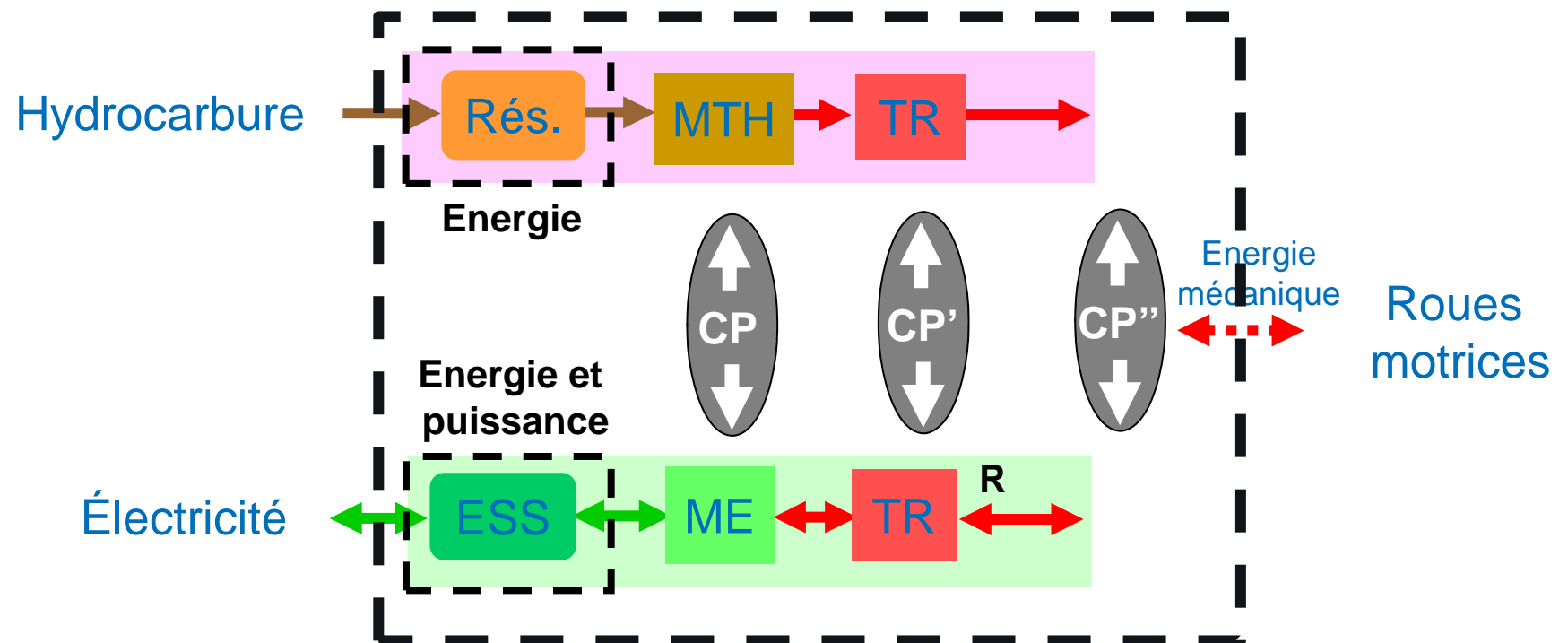
Usage de la batterie en *sustaining*





Solutions hybrides rechargeables

- Synergie entre les deux options + 2^{ème} vecteur énergétique

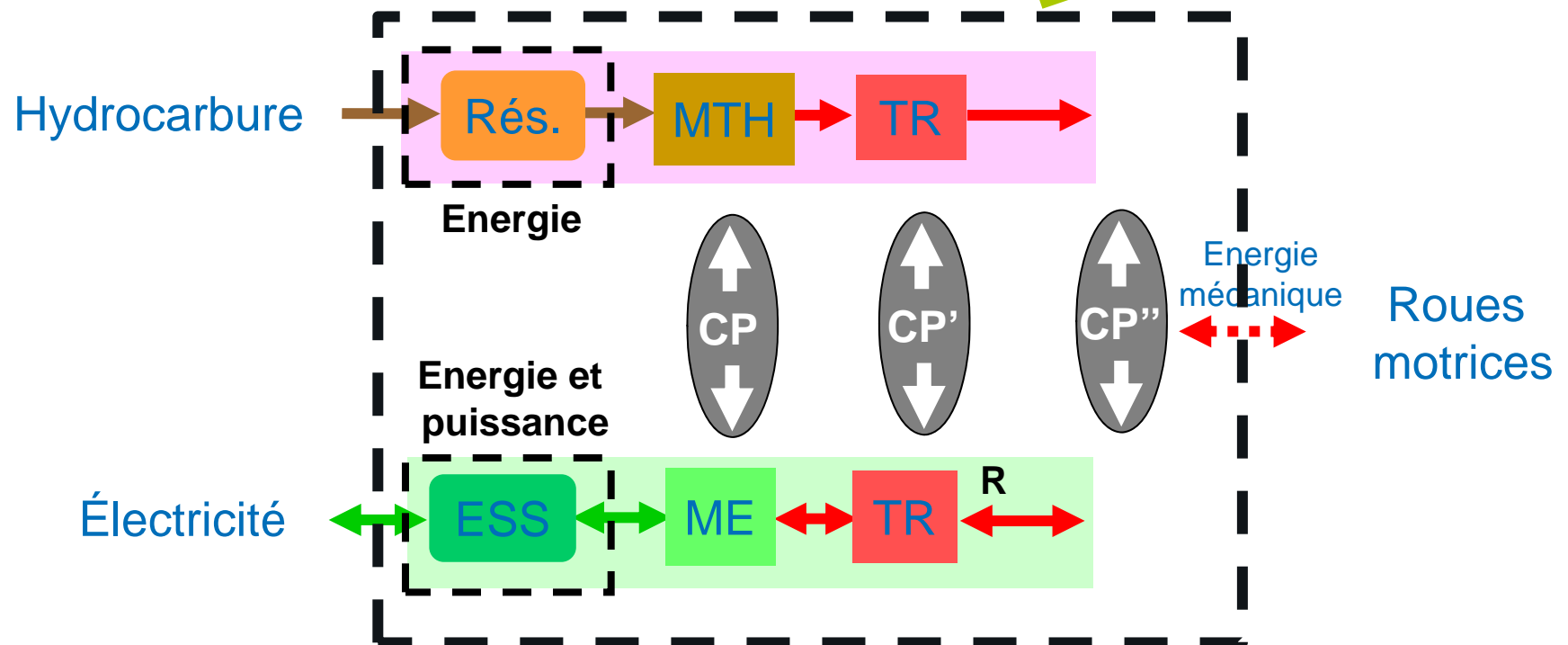


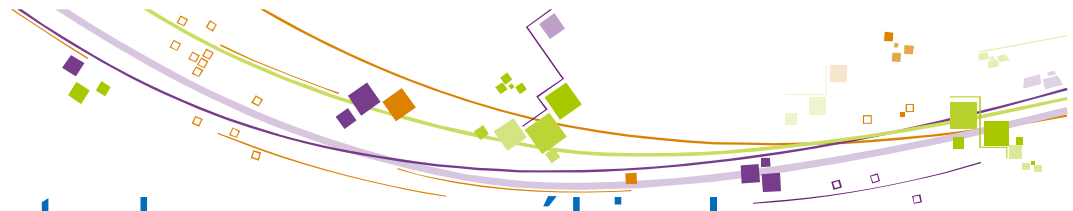
Fonctionnalités complémentaires

Solutions hybrides rechargeables

- ☐ Mode **tout électrique** avec autonomie,
- ☐ **Recharge** de la batterie sur le réseau,
- ☐ **Echange** d'énergie batterie – réseau,

- Synergie entre les deux options 1 et 2 vers une synergie énergétique





Particularités du stockage pour véhicule Hybride rechargeable (caractéristiques)

■ Type Prius rechargeable

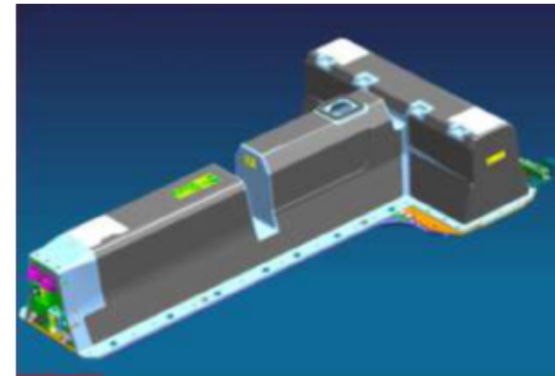


Li Ion

~ 40 kW

~ 4,4 kWh nominal

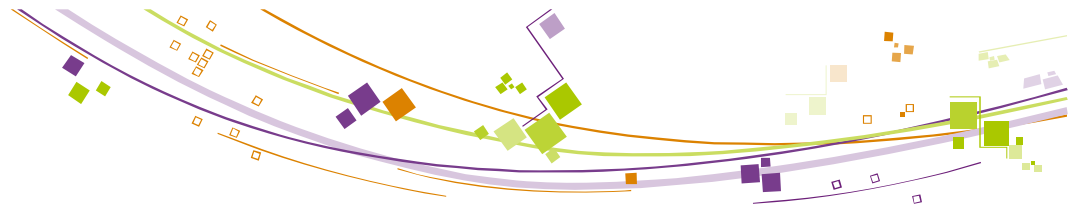
■ Type GM Volt – Opel Ampera



Li Ion LGChem (LMO)

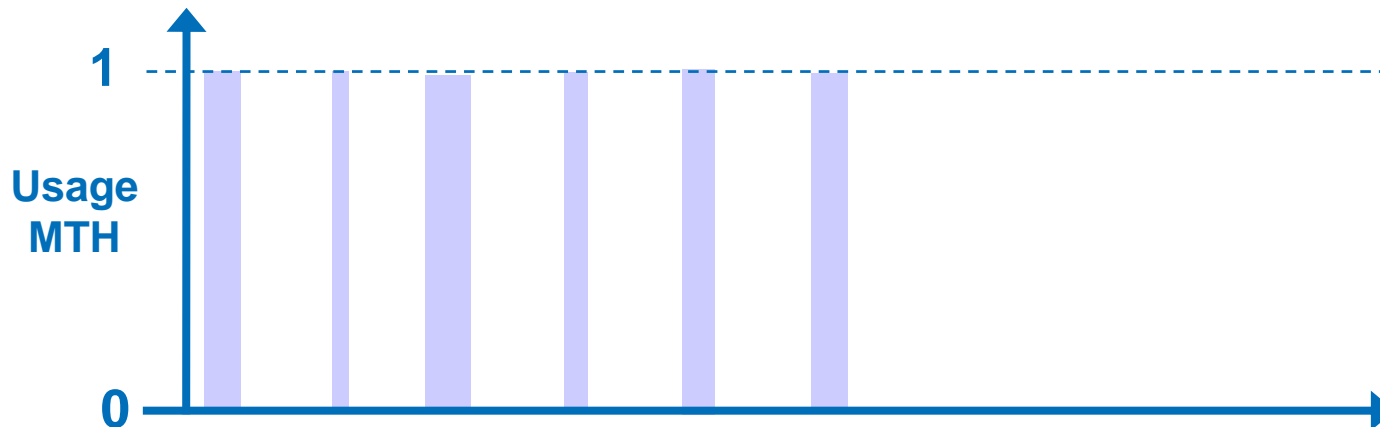
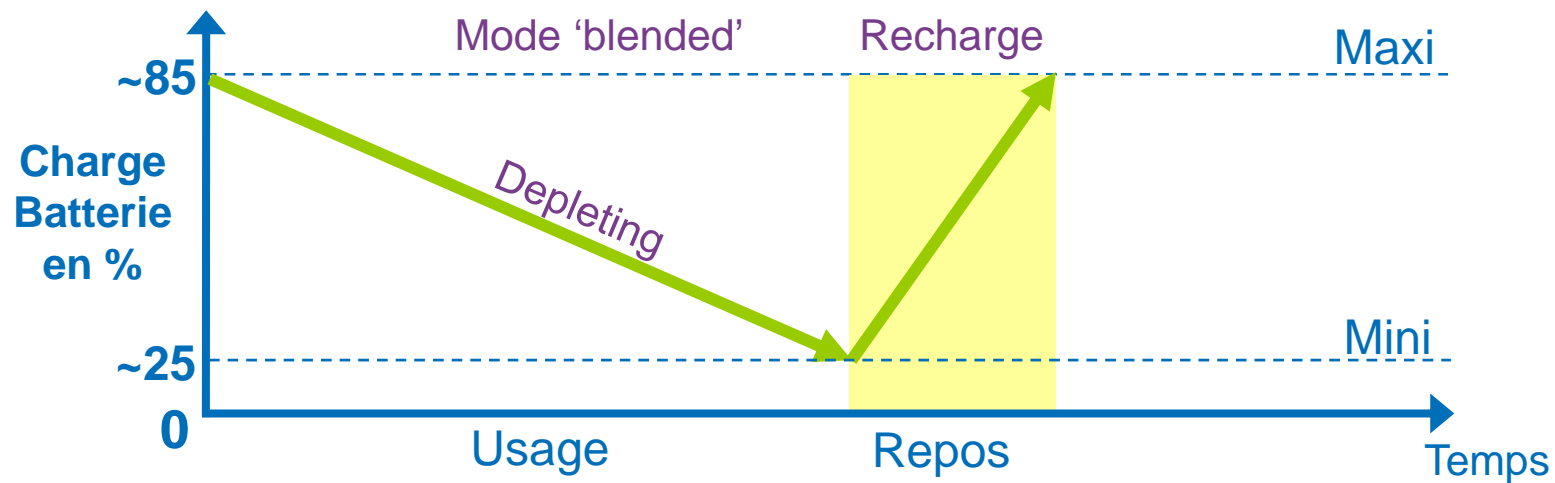
~ 100 kW

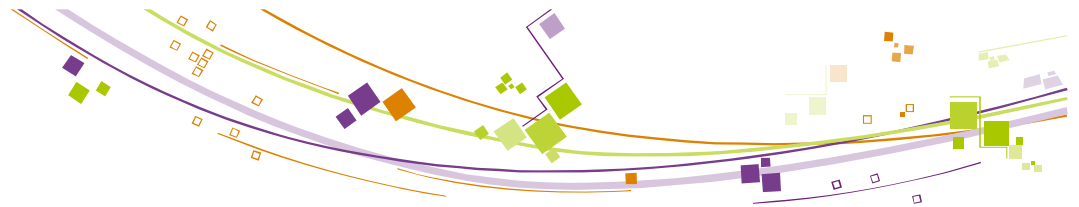
~ 16 kWh nominal



Hybride rechargeable

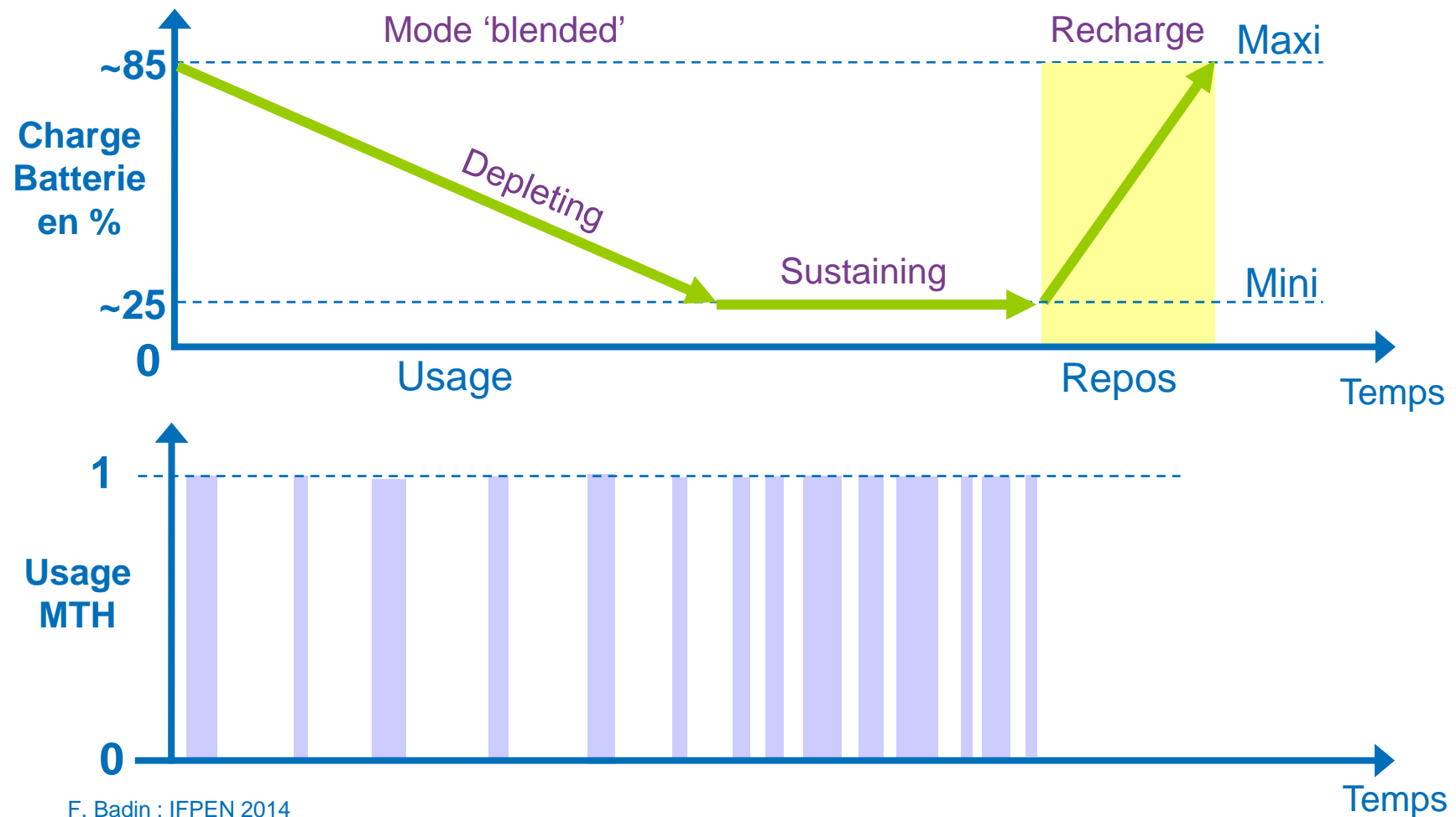
Usage de la batterie en *depleting*

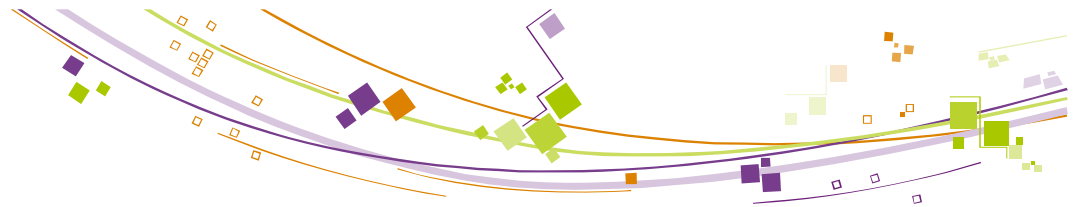




Hybride rechargeable avec mode tout électrique

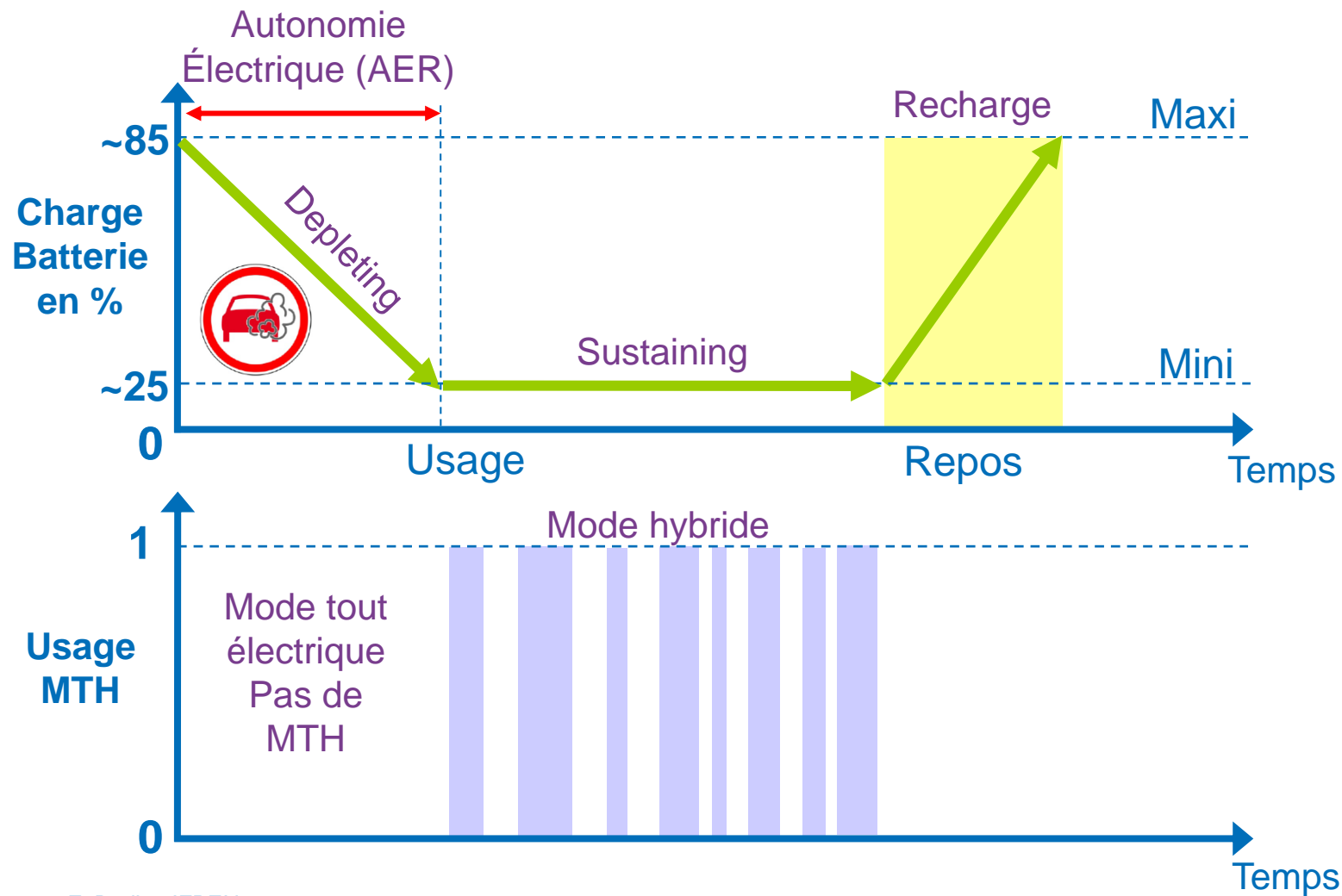
Usage de la batterie *depleting* puis *sustaining*





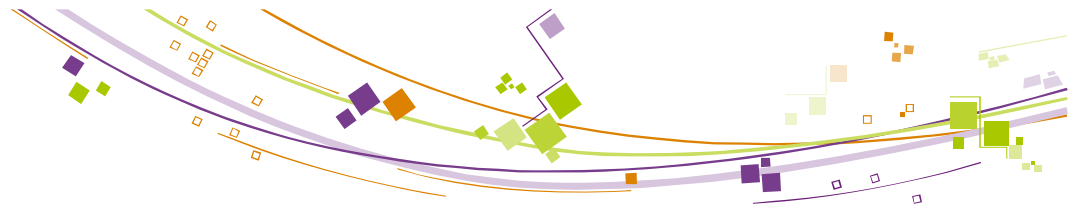
Hybride rechargeable avec mode tout électrique

Usage de la batterie *depleting* (ZEV) puis *sustaining*



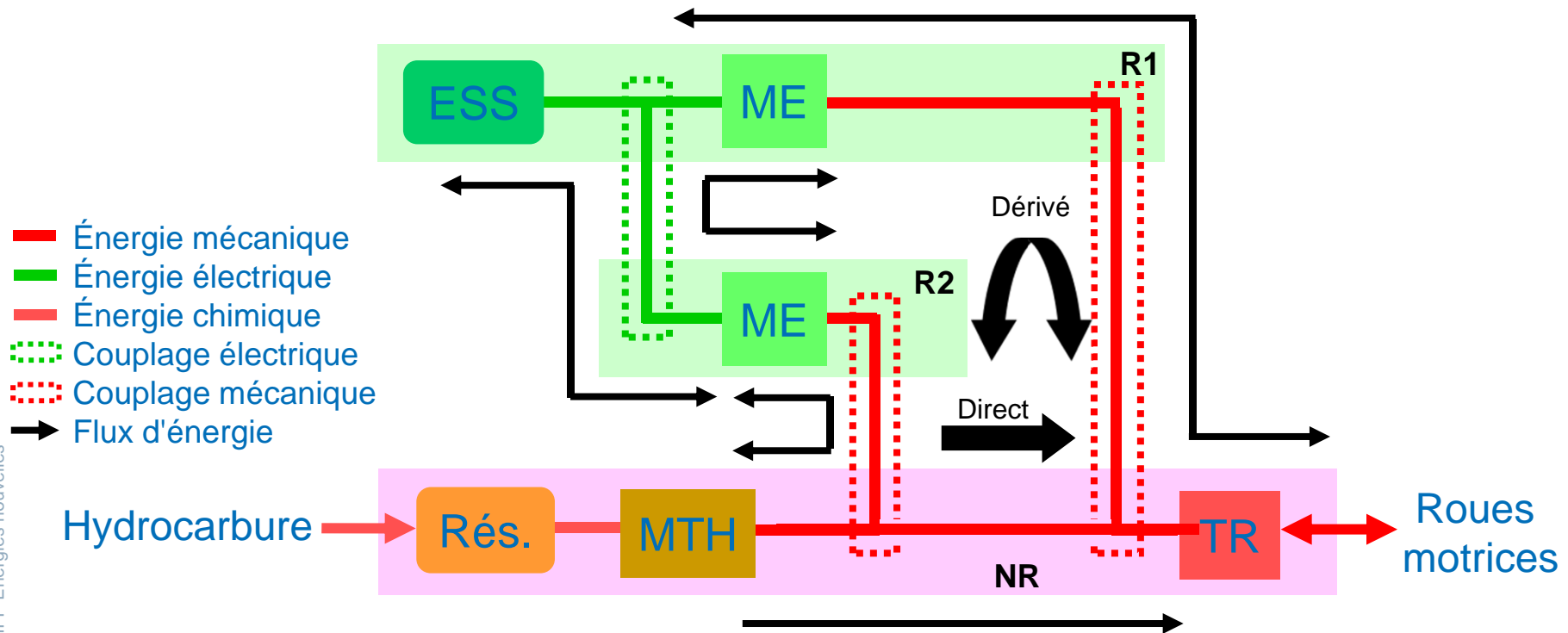


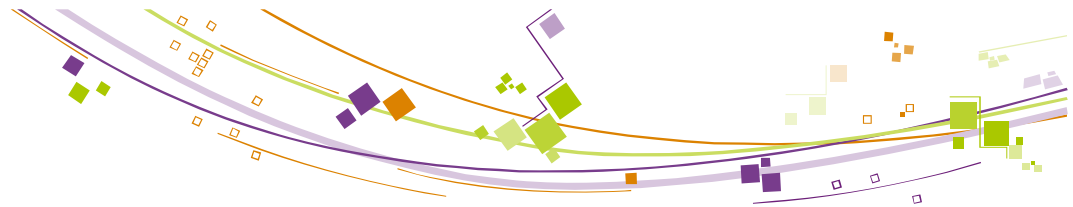
Mise en œuvre de l'hybridation



Solutions hybrides série **ou** parallèle

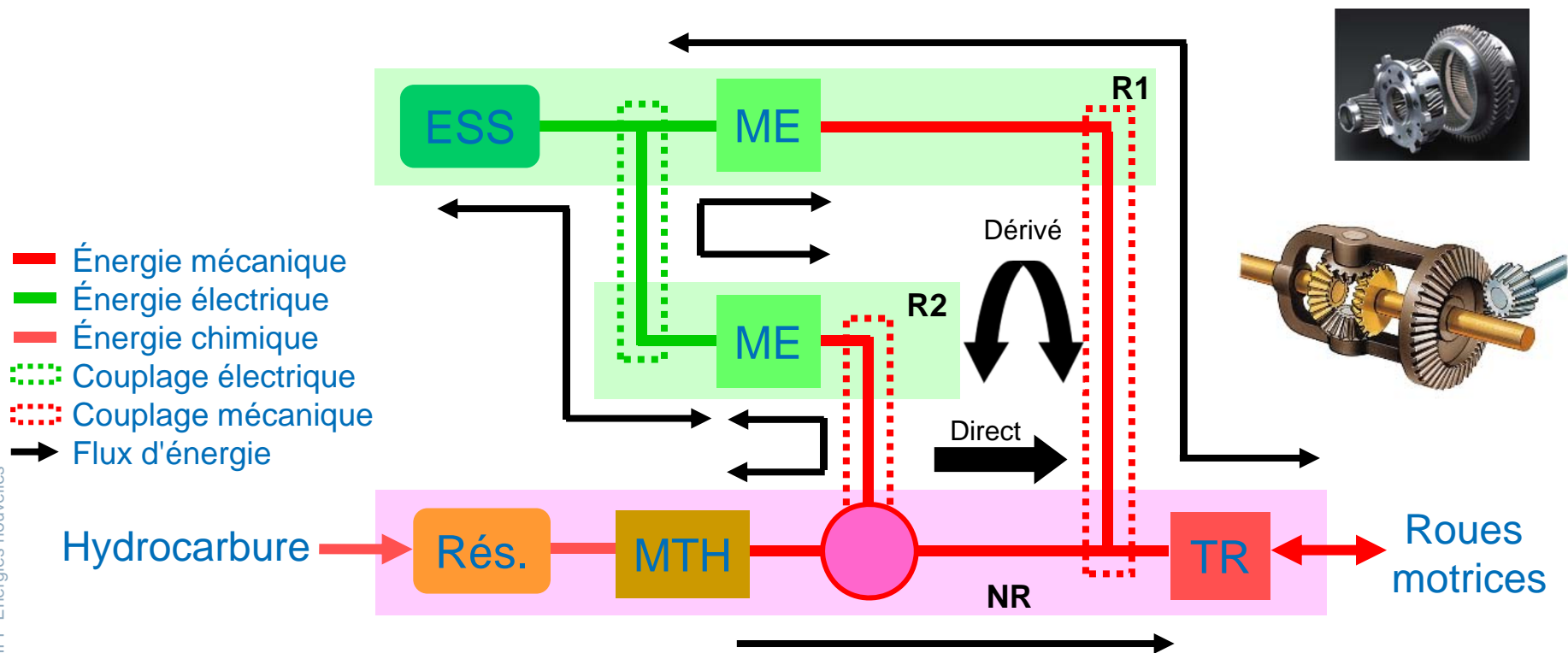
■ Hybridation alternativement série ou parallèle





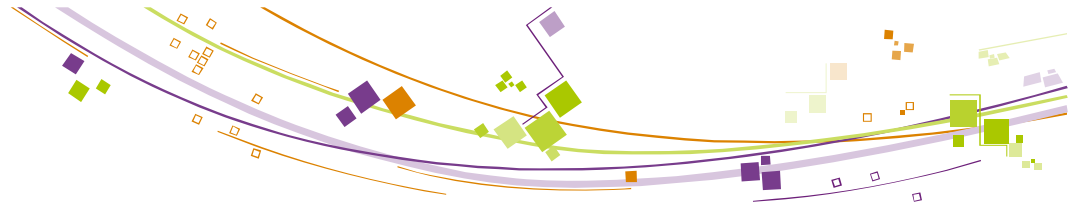
Solutions hybrides série **et** parallèle

- Hybridation série et parallèle, dite à dérivation de puissance





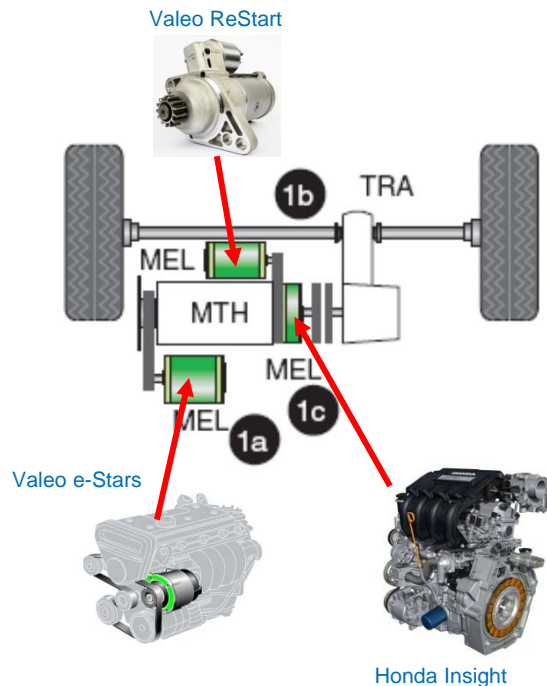
Réalisations



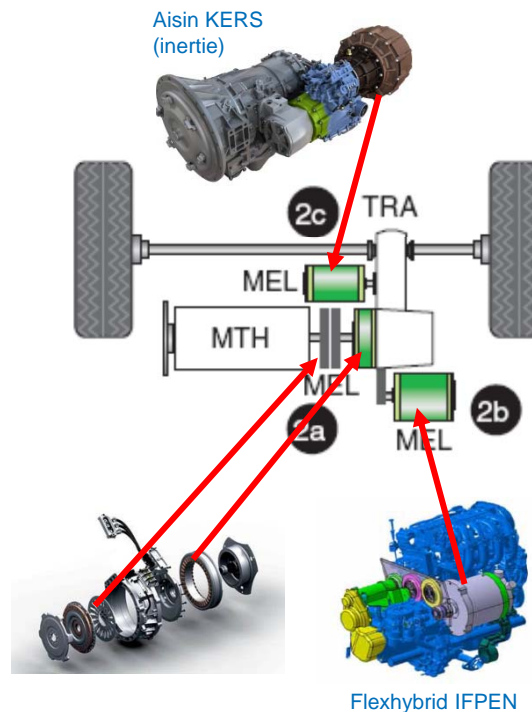
Une grande variété de configurations (1/2)

■ Configurations GMP

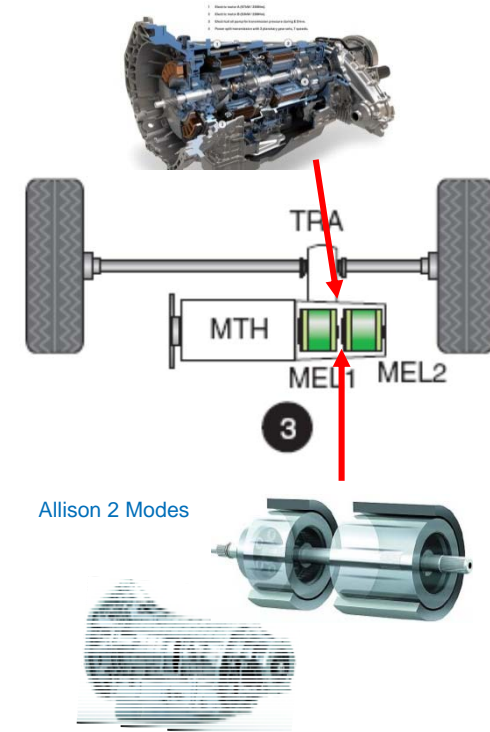
■ Machine liée au moteur thermique



■ Machine liée à la transmission



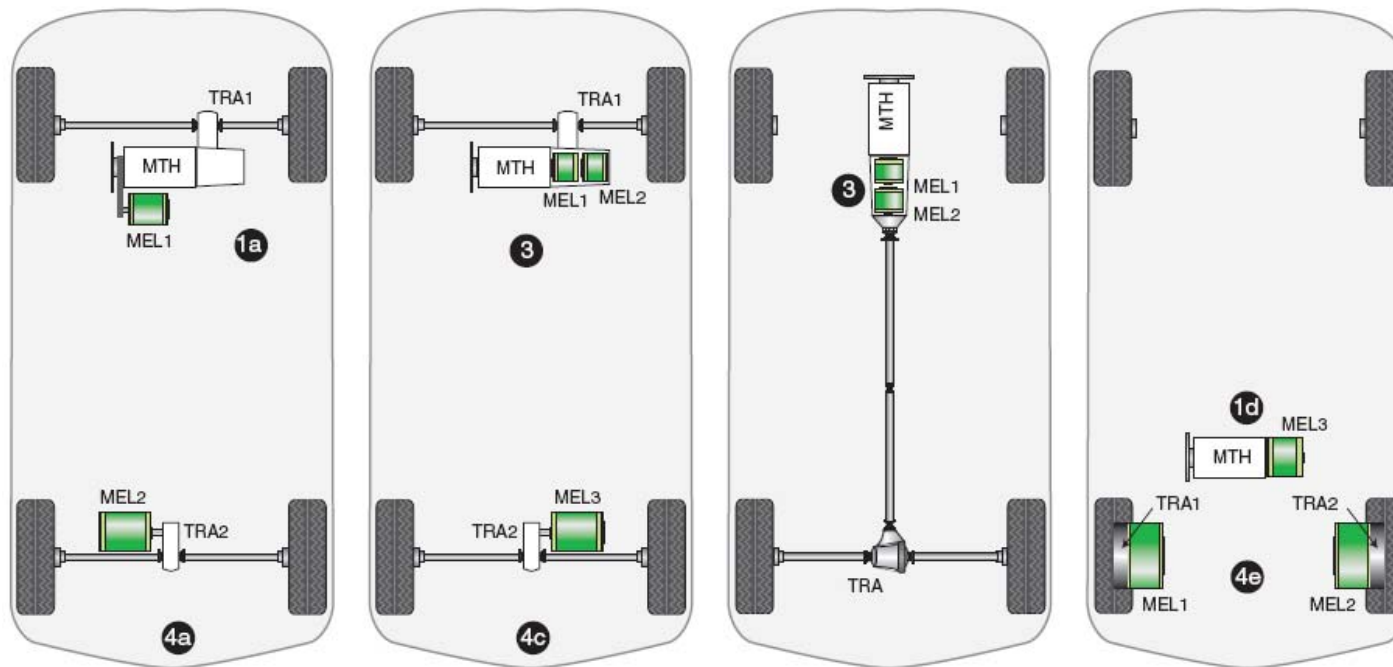
■ Machine(s) dans la transmission





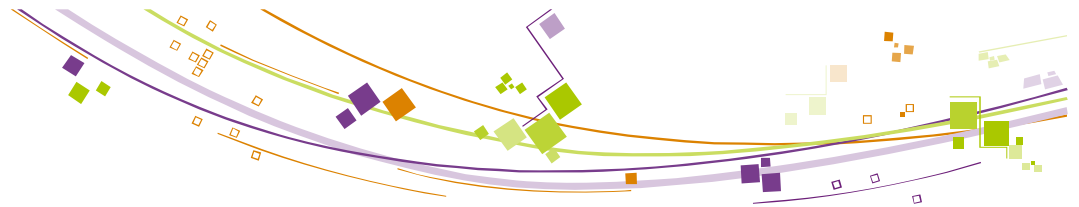
Une grande variété de configurations (2/2)

■ Architectures véhicule



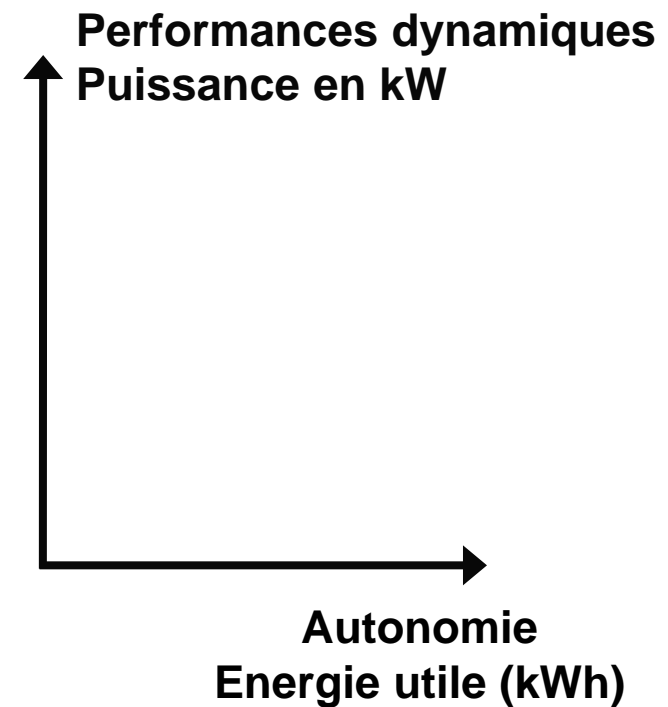


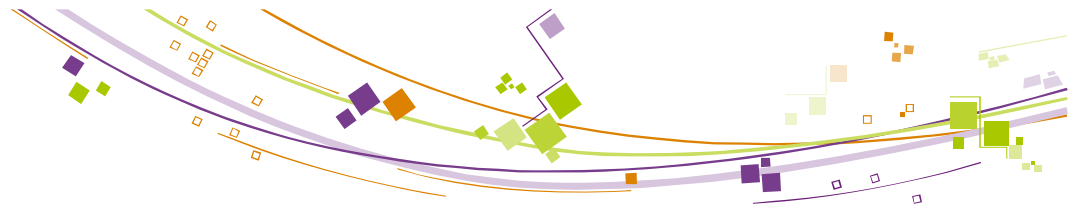
Considérations de performances



Besoins nécessaires

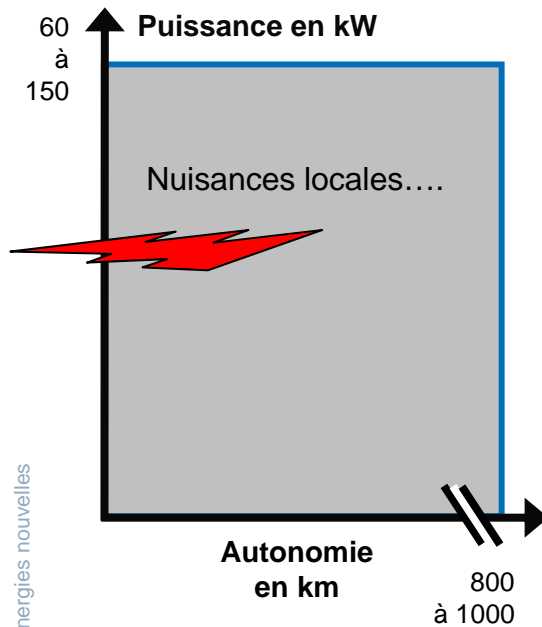
- Mobilité des véhicules, un besoin :
 - de **puissance** (dynamique);
 - d'**énergie** (autonomie)





Comparaison des performances (VEH)

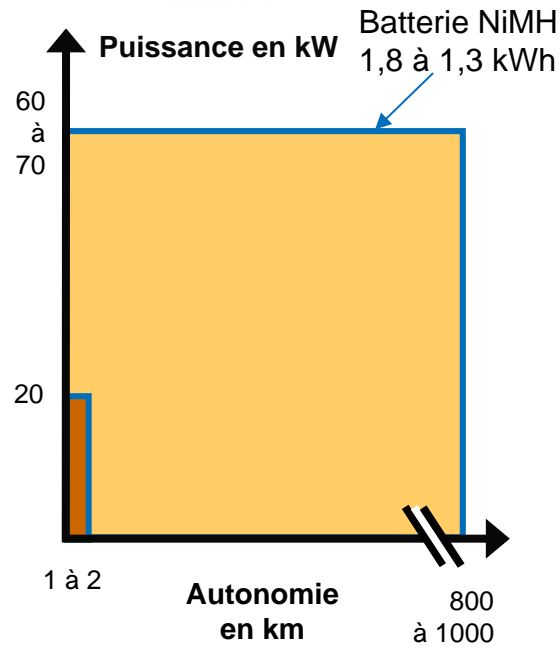
■ Thermique



■ Mode tout thermique

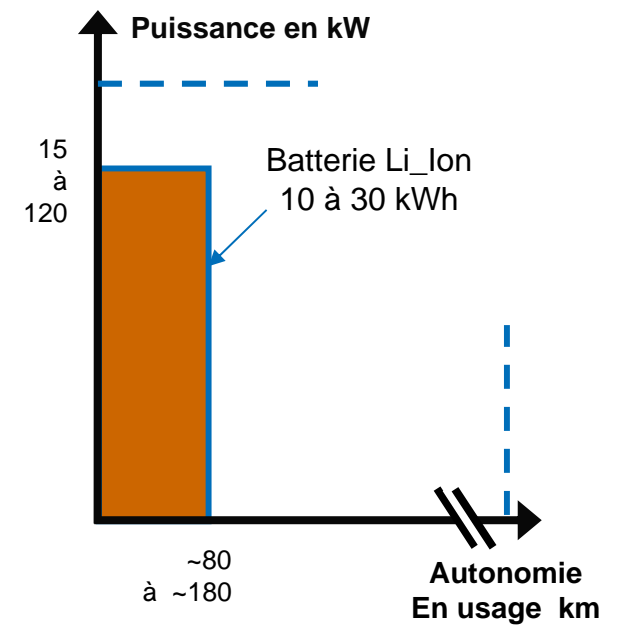
■ Hybride

Toyota Prius (1997)

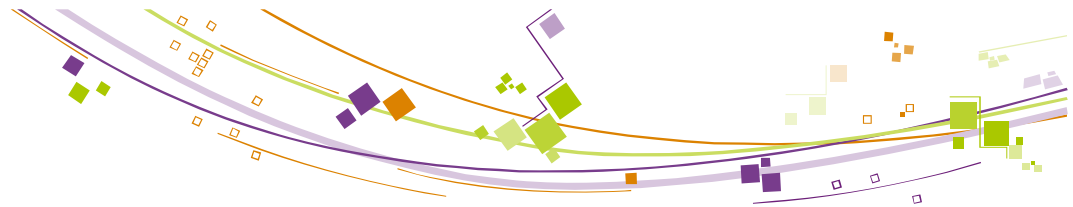


■ Mode hybride en *charge sustaining*

■ Electrique

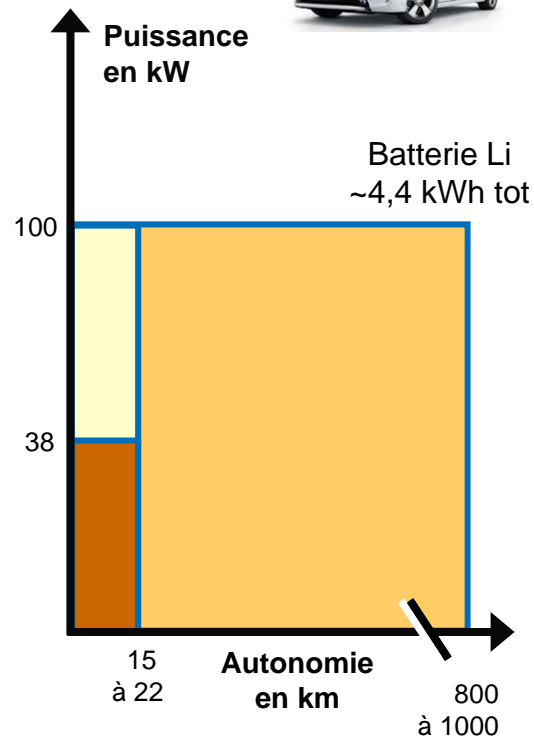


■ Mode tout électrique *charge depleting*

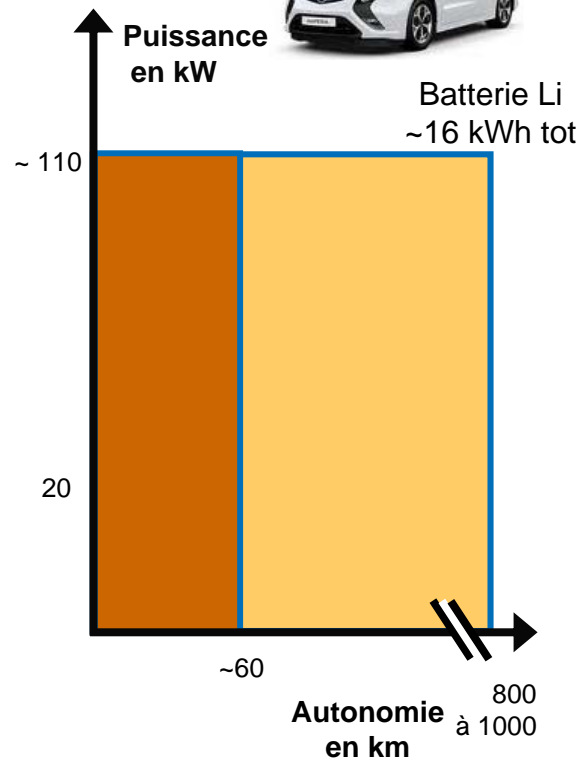


Comparaison des performances (VHR)

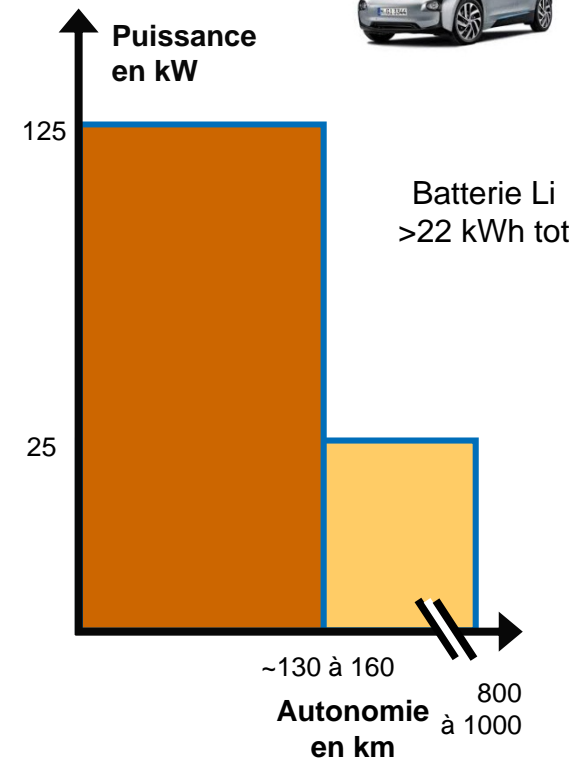
■ Blended Prius rechargeable (2013)

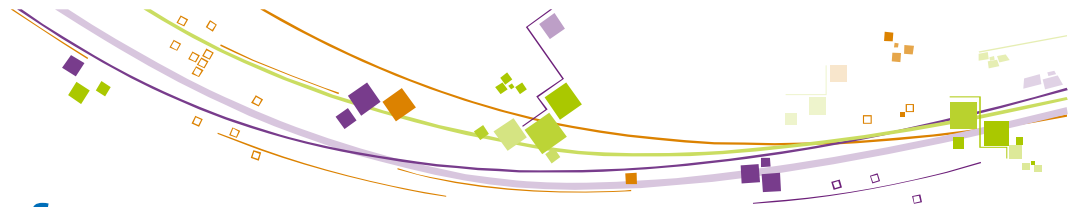


■ No compromise GM Volt, Opel Ampera (2012)



■ Range extender BMW i3 Range Extender (2014)

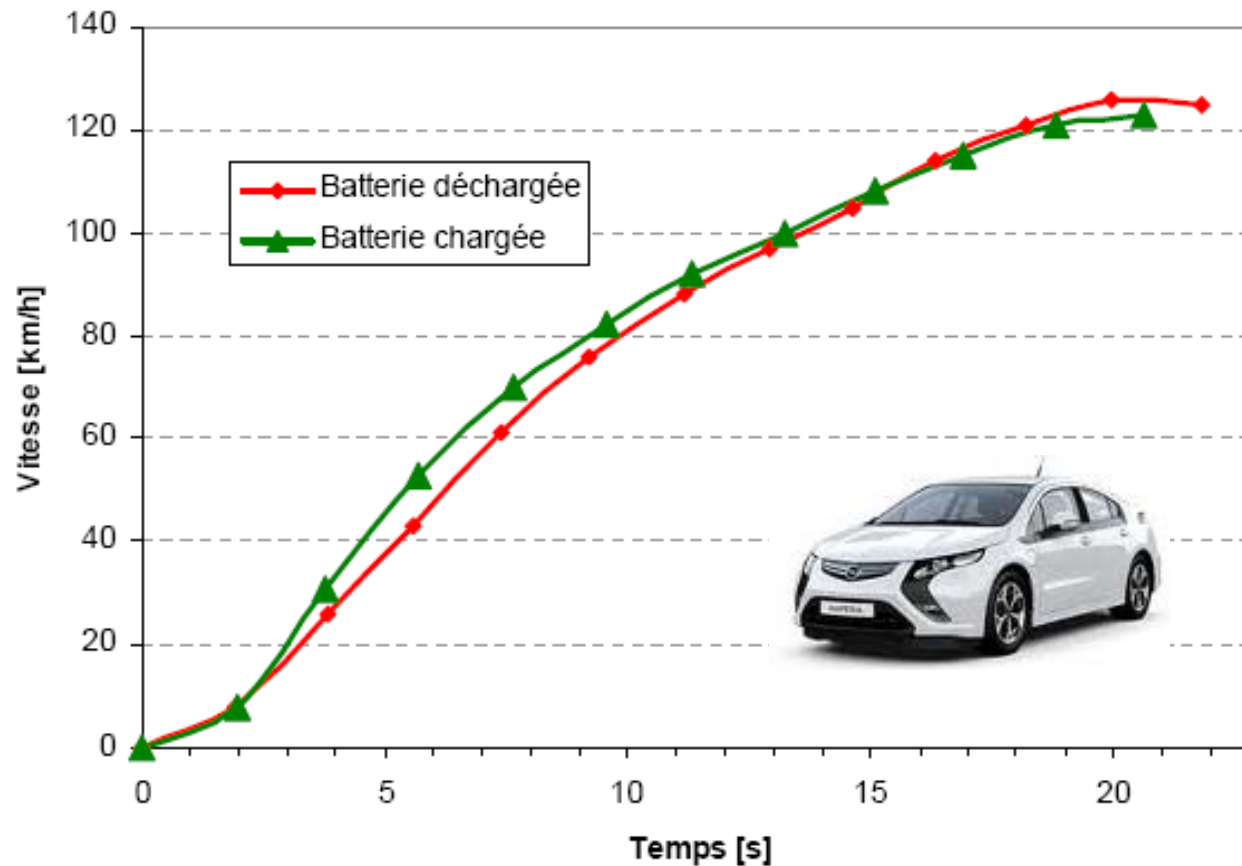




Comparaison des performances Opel Ampera



■ WOT acceleration (open road, not std procedure)

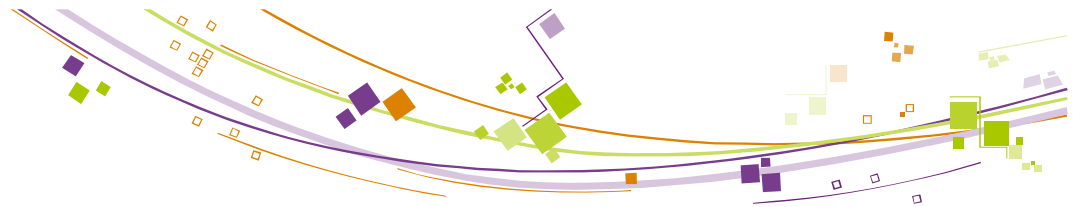




Cas des Stop&Start et évolutions

VTH

Micro Micro Micro-Mild Mild



Réalisations (12 V)

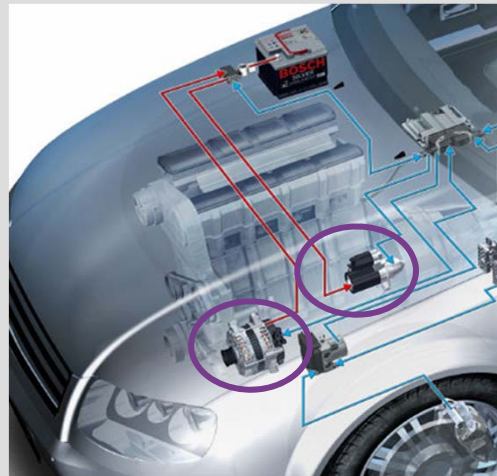
■ Stop & Start

- Batterie
- Contrôle
- Gestion MTH
- Gestion énergie
- Faible récup.

Deux machines

< 2 kW

Valeo, Bosch, Denso



BMW, Audi, Opel, VW,
Renault, Fiat, Kia....

Coût, intégration, faibles températures
Bruit, vibrations, durée, fonctionnalités

Une machine

< 4 kW

Valeo, Delphi...



PSA, Citroën, Nissan...



Bruit, vibrations, durée, fonctionnalités
Coût, intégration, faibles températures



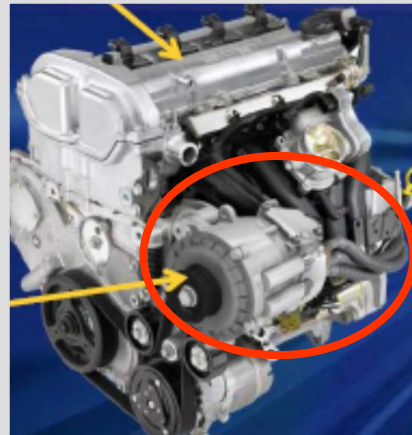
Réalisations (48 V et plus)

■ Stop & Start et plus

- Démarrage 'à la volée'
- Creeping
- Décollage
- Boost
- Paliers
- Récupération

Machine non intégrée

GM (115V Li-ion) 15 kW



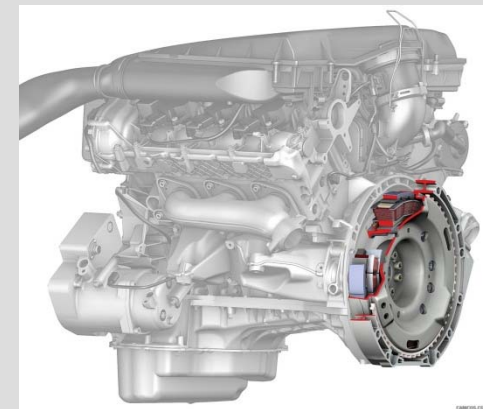
GM LaCrosse 2012



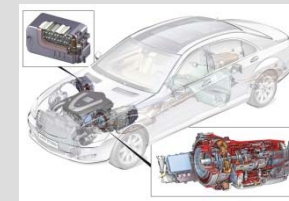
Bruit, vibrations, durée, **fonctionnalités**
Coût, intégration, faibles températures

Machine intégrée

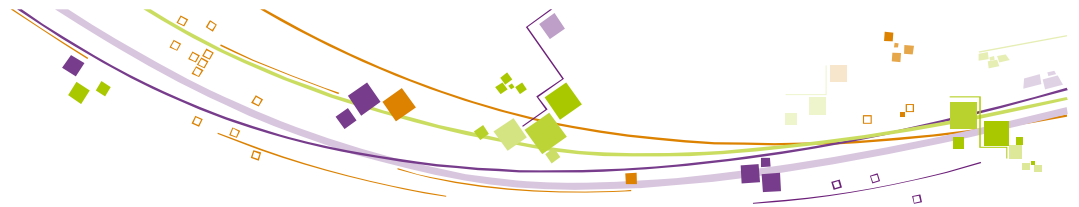
Daimler (118V Li-ion) 15 kW



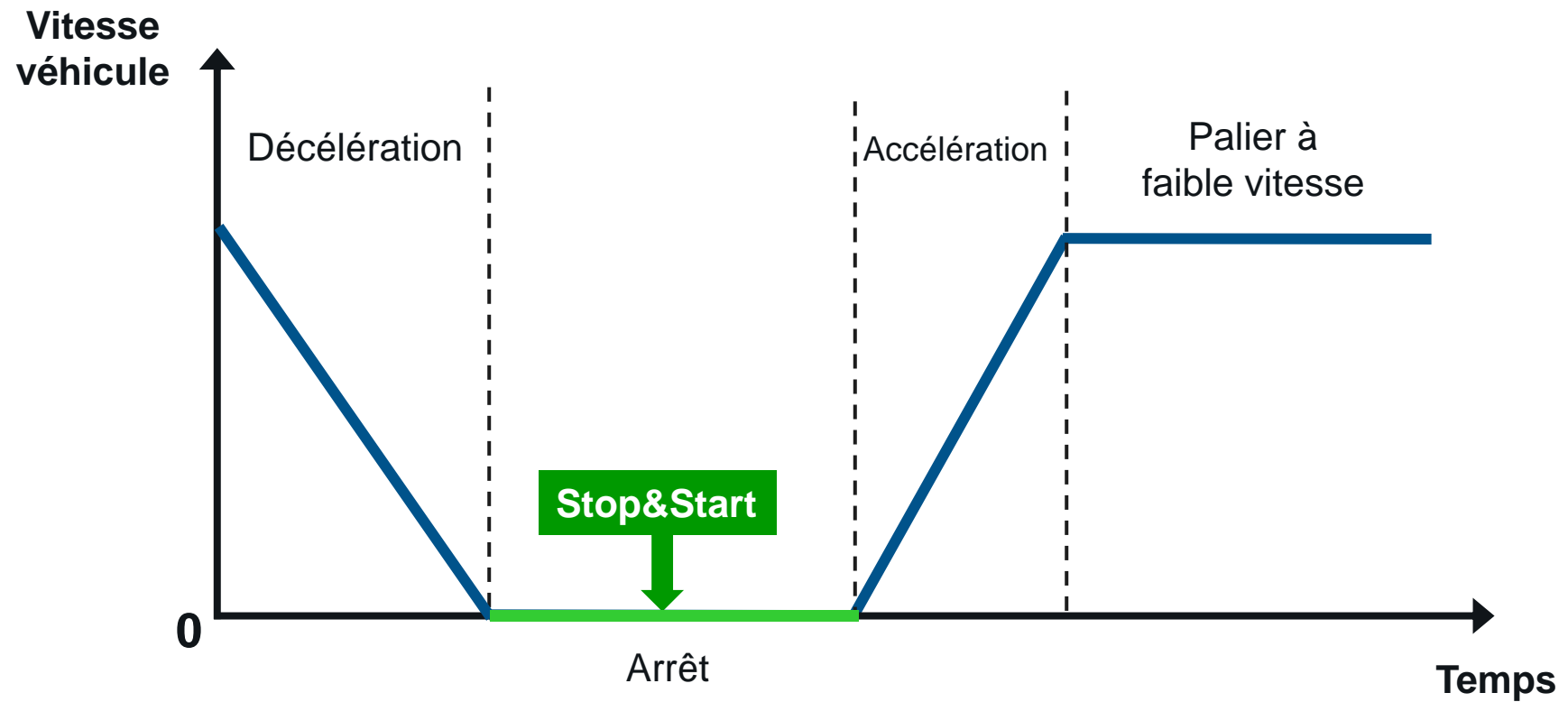
S400 Bluehybrid

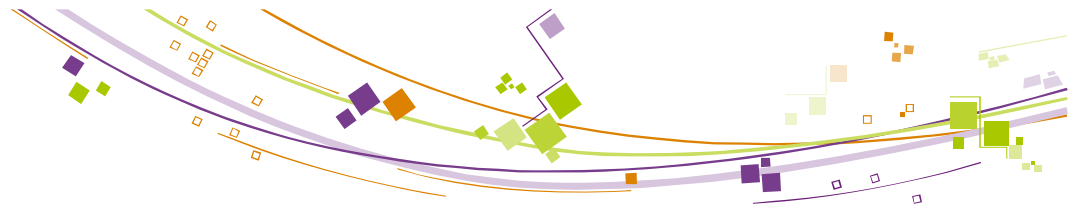


Bruit, vibrations, durée, **fonctionnalités**
Coût, intégration, faibles températures

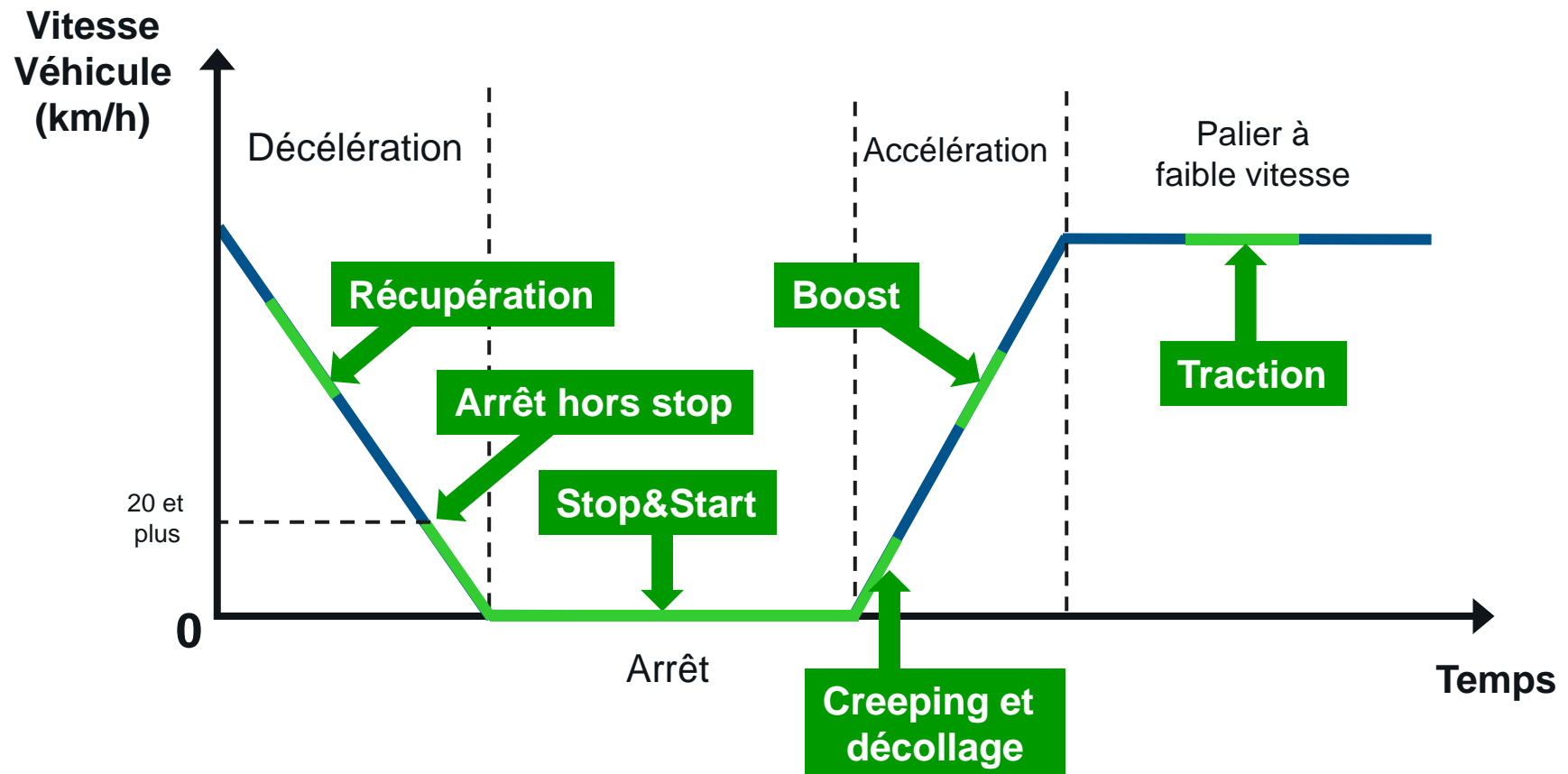


Système Stop&Start et évolutions



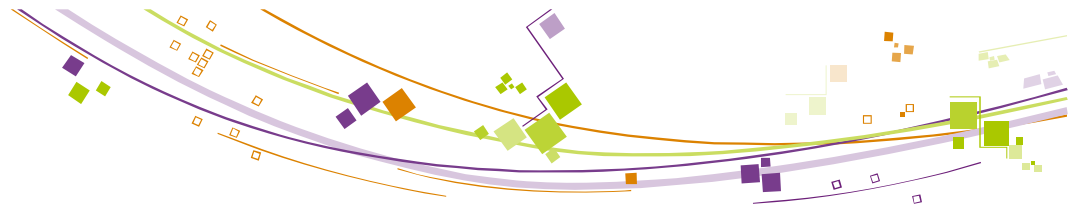


Système Stop&Start et évolutions





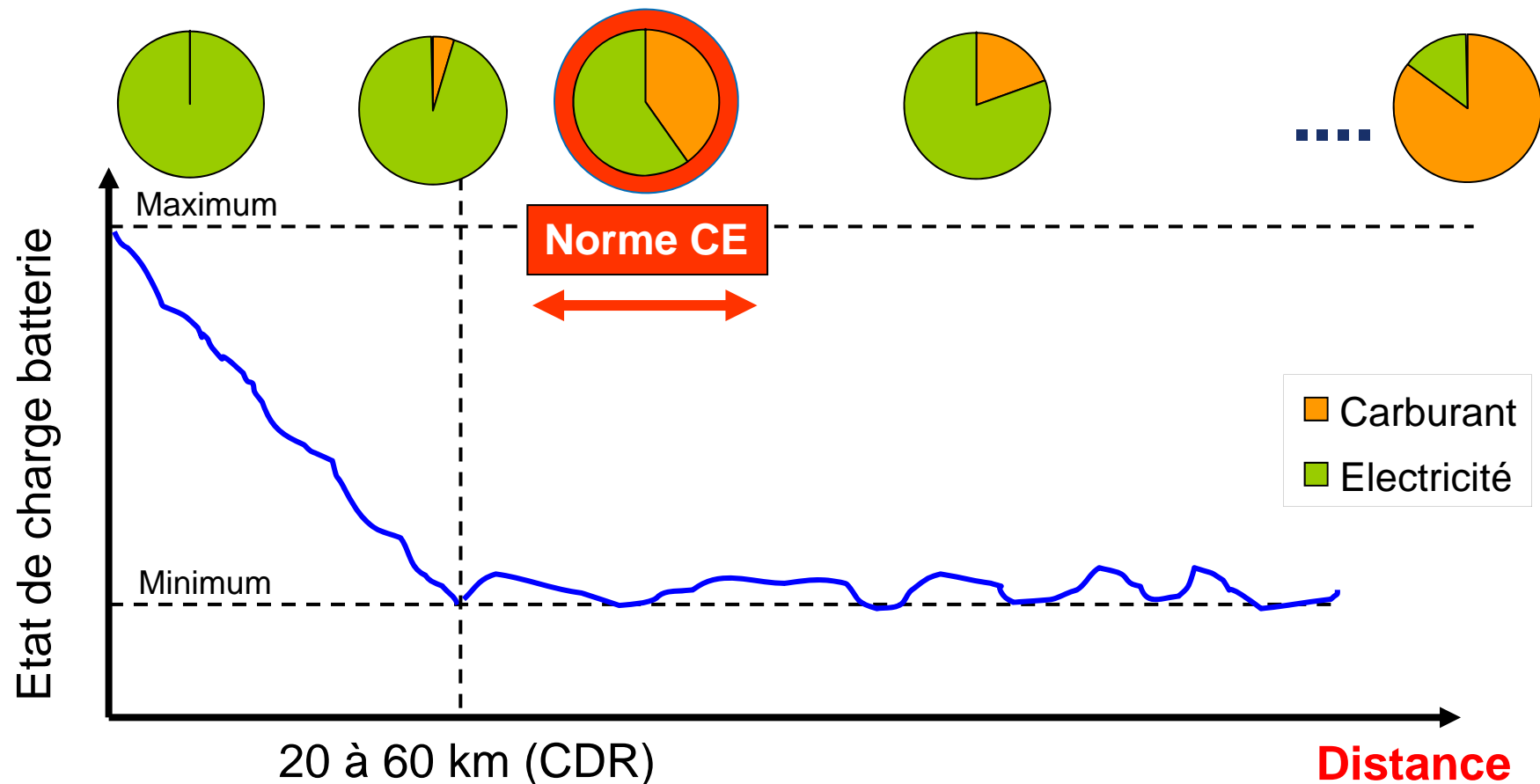
Bilan environnemental



Niveau véhicule (VHR)

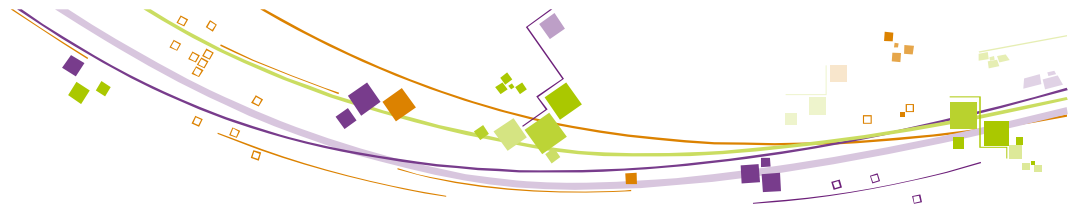
Particularité de la consommation énergétique

- Très grande dépendance à la distance entre charges

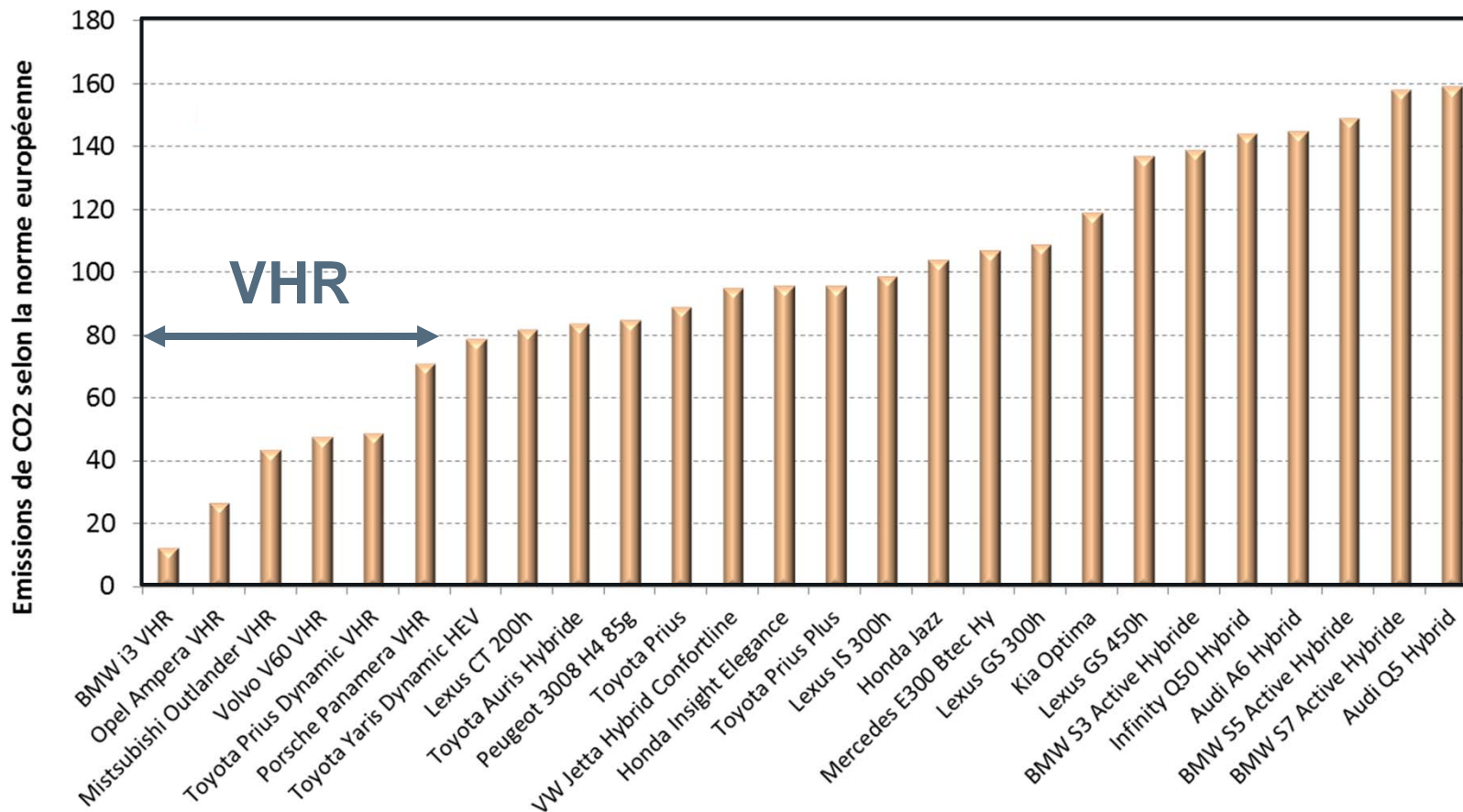


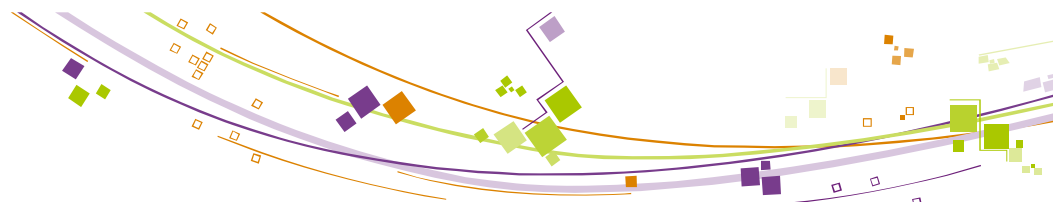


Bilan coût - performances

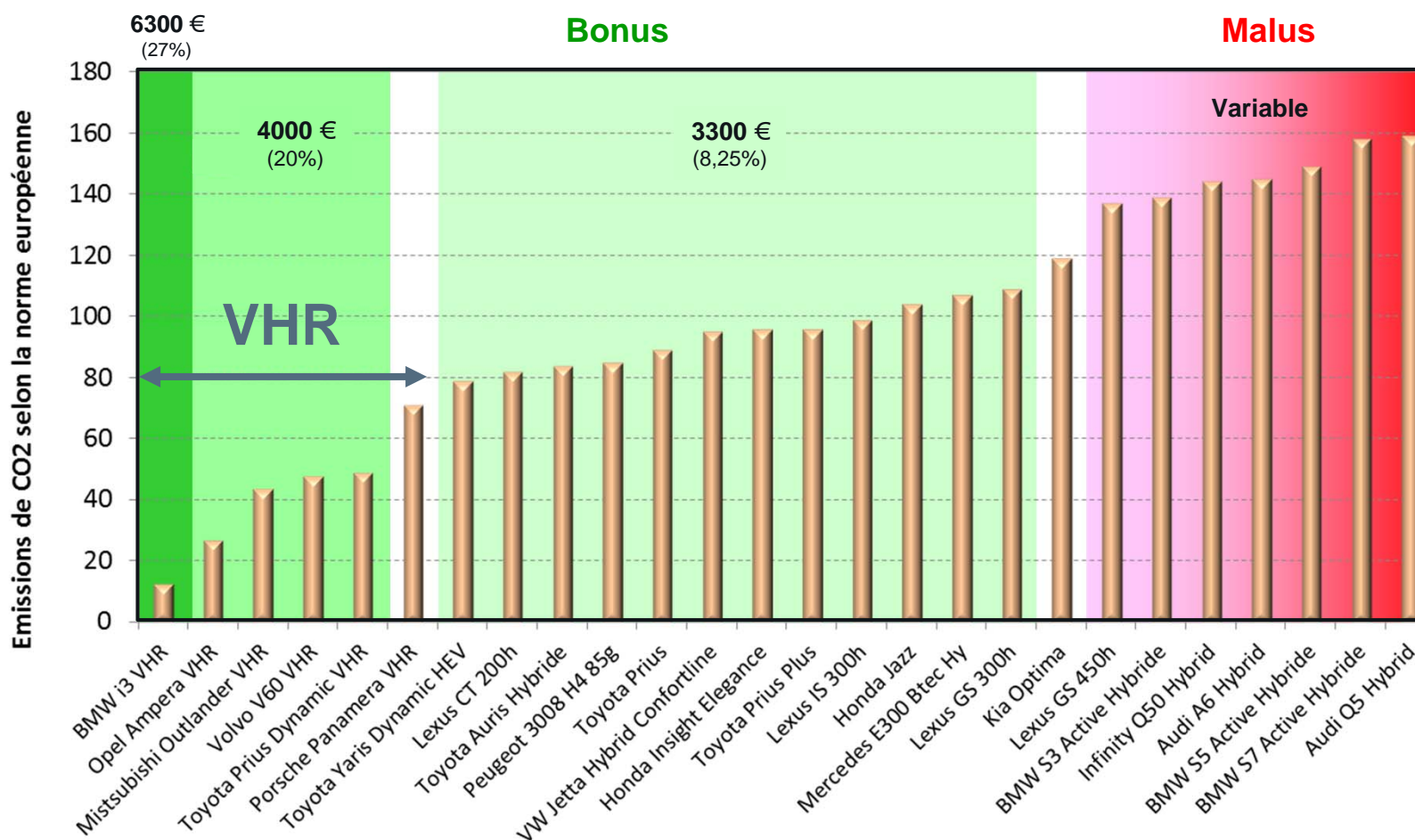


Comparatif des performances en CO₂ des VP hybrides vendus en France

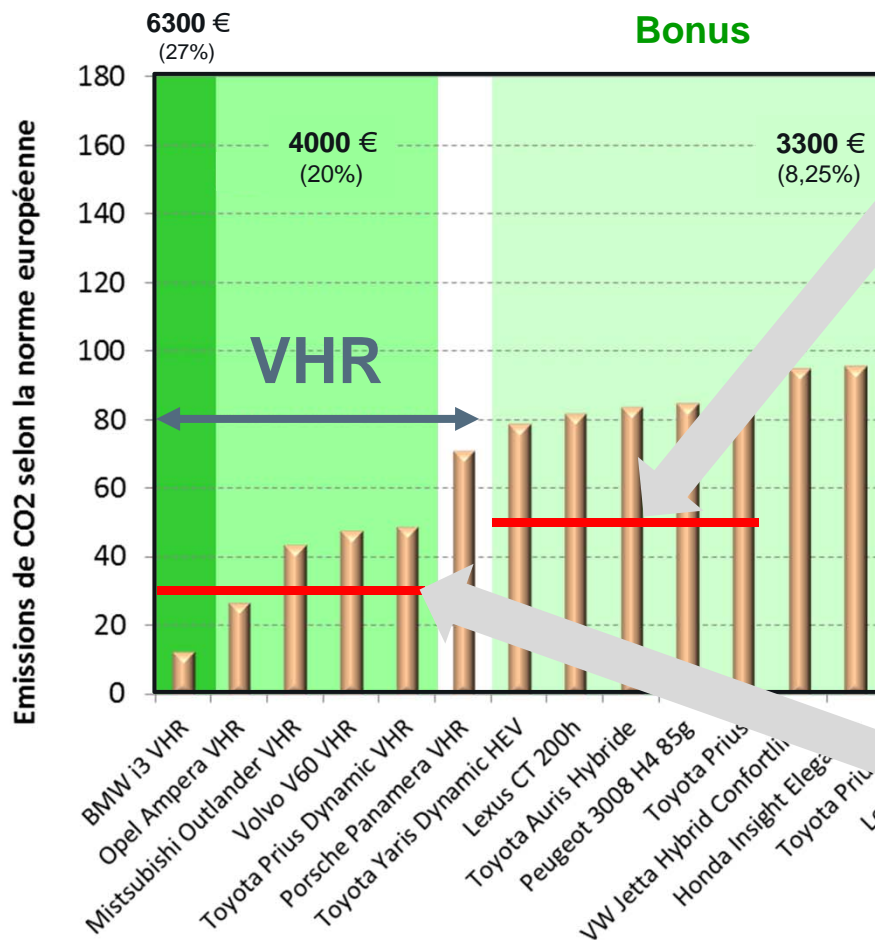




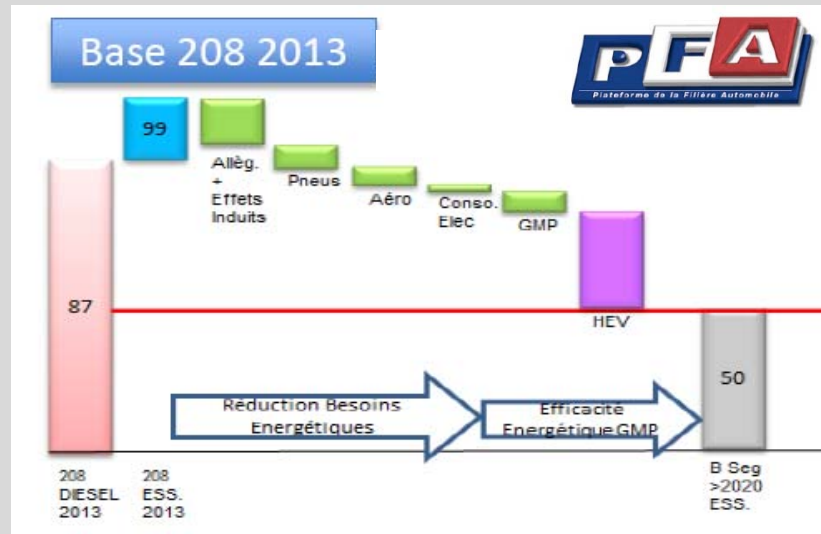
Comparatif des performances en CO₂ des VP hybrides vendus en France



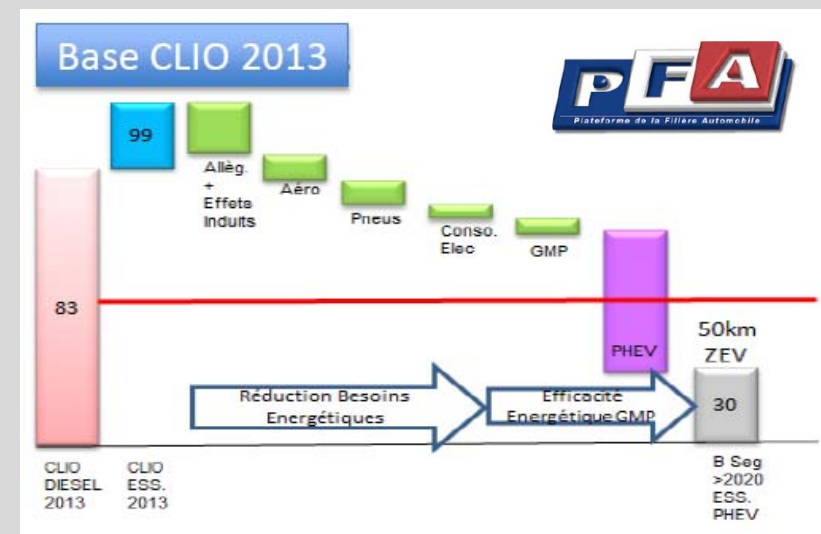
Comparatif des performances hybrides vendus en France

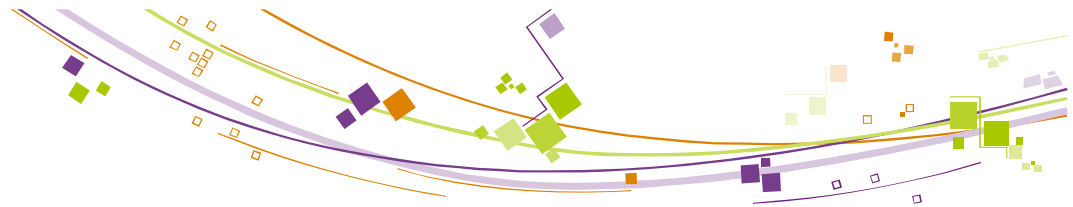


Programme 2L/100 km (VEH essence)



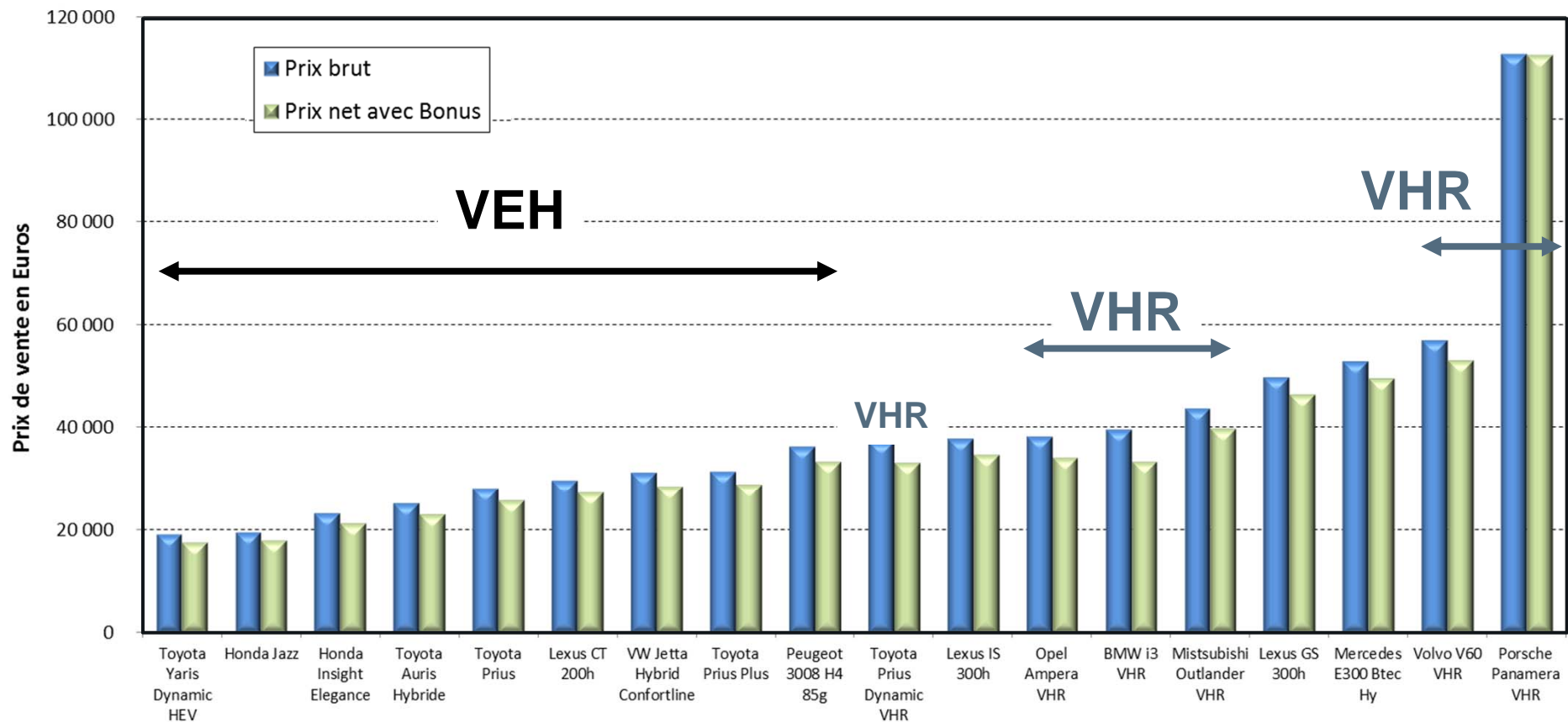
Programme 2L/100 km (VHR essence)

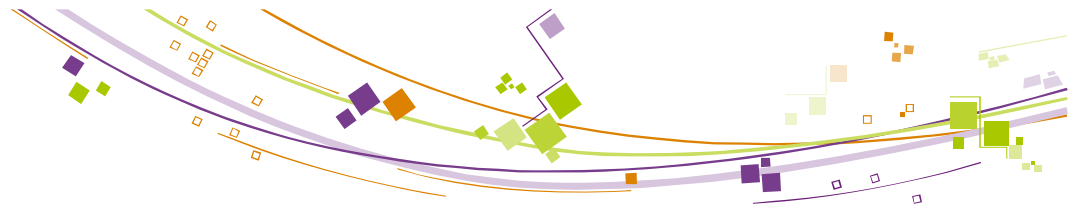




Comparatif de prix des VP hybrides (1/2)

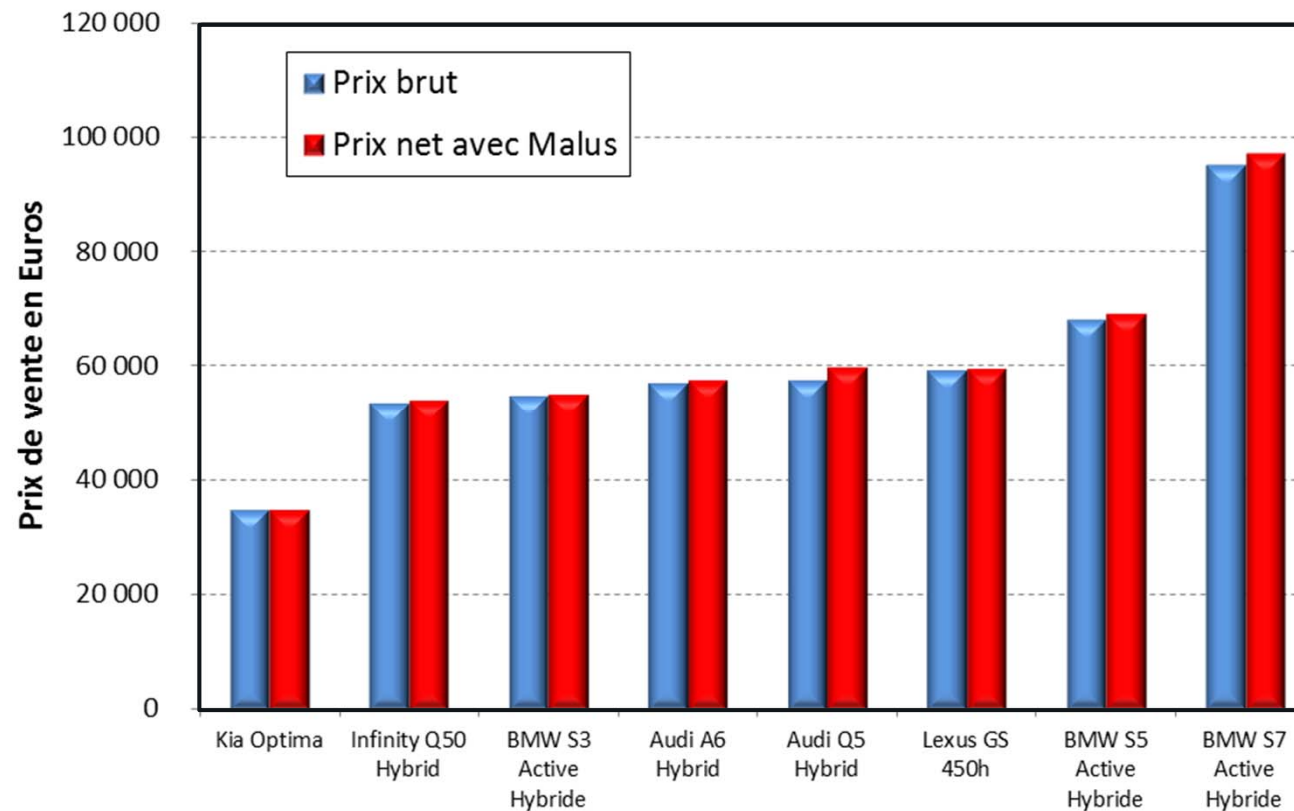
■ Véhicules avec bonus

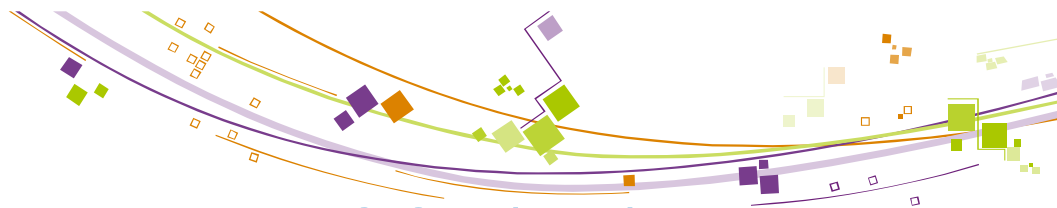




Comparatif de prix des VP hybrides (2/2)

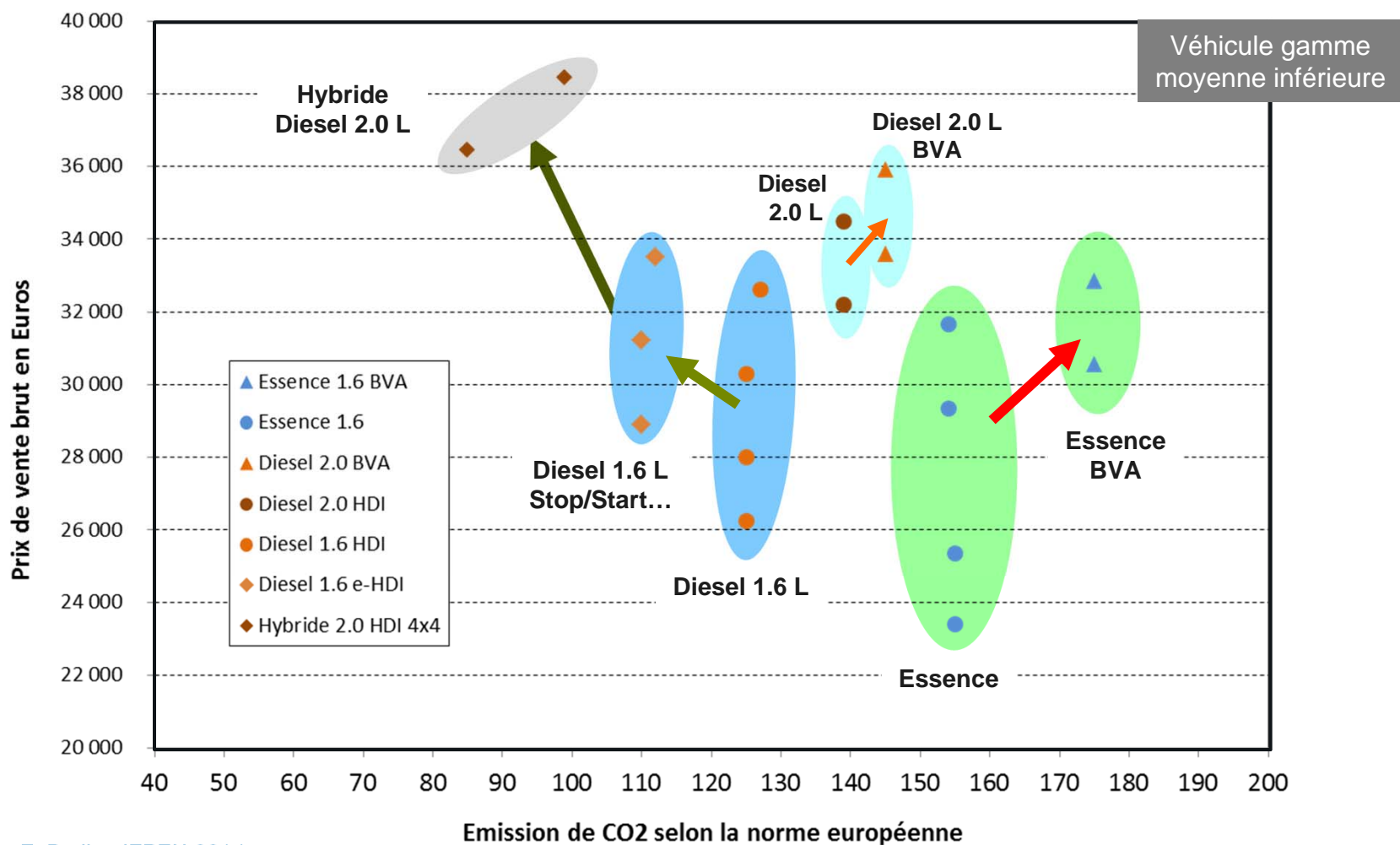
■ Véhicules avec malus

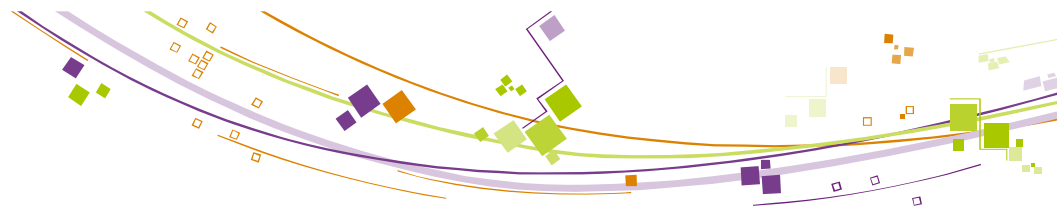




Relation prix / performances en CO₂ (1/3)

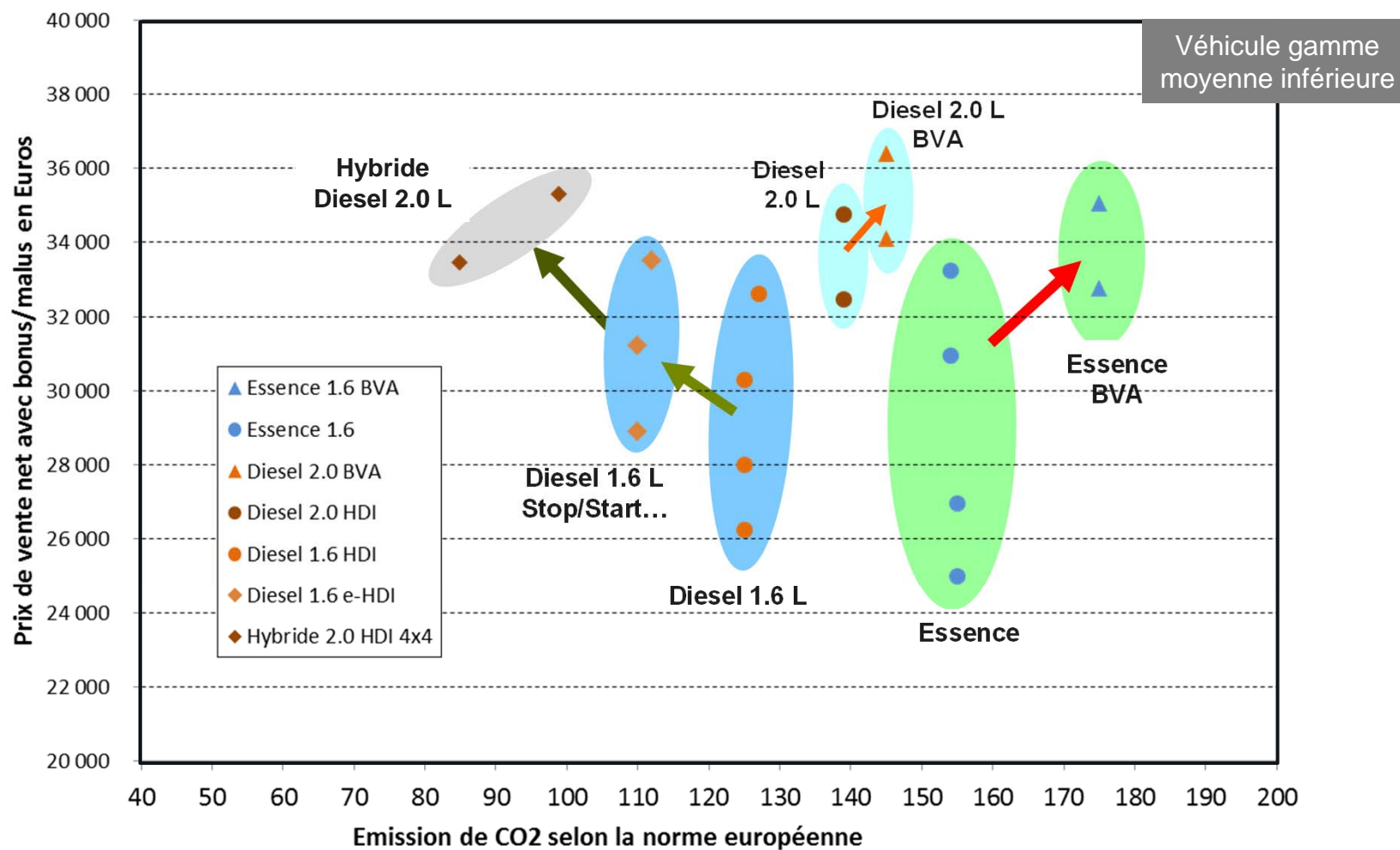
Prix brut

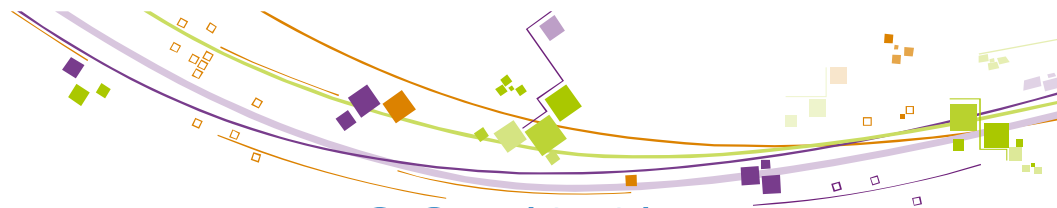




Relation prix / performances en CO₂ (2/3)

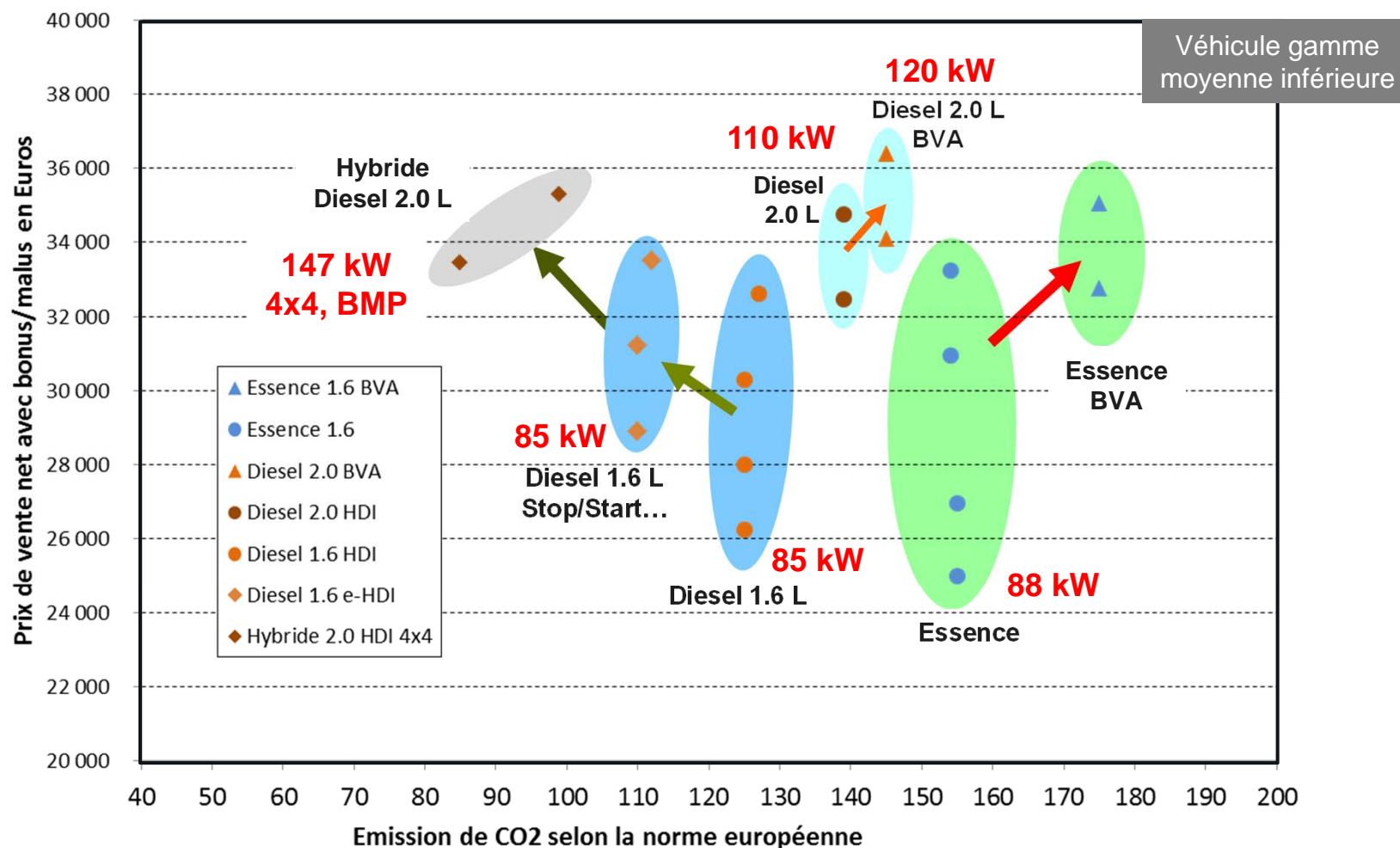
Prix **net**





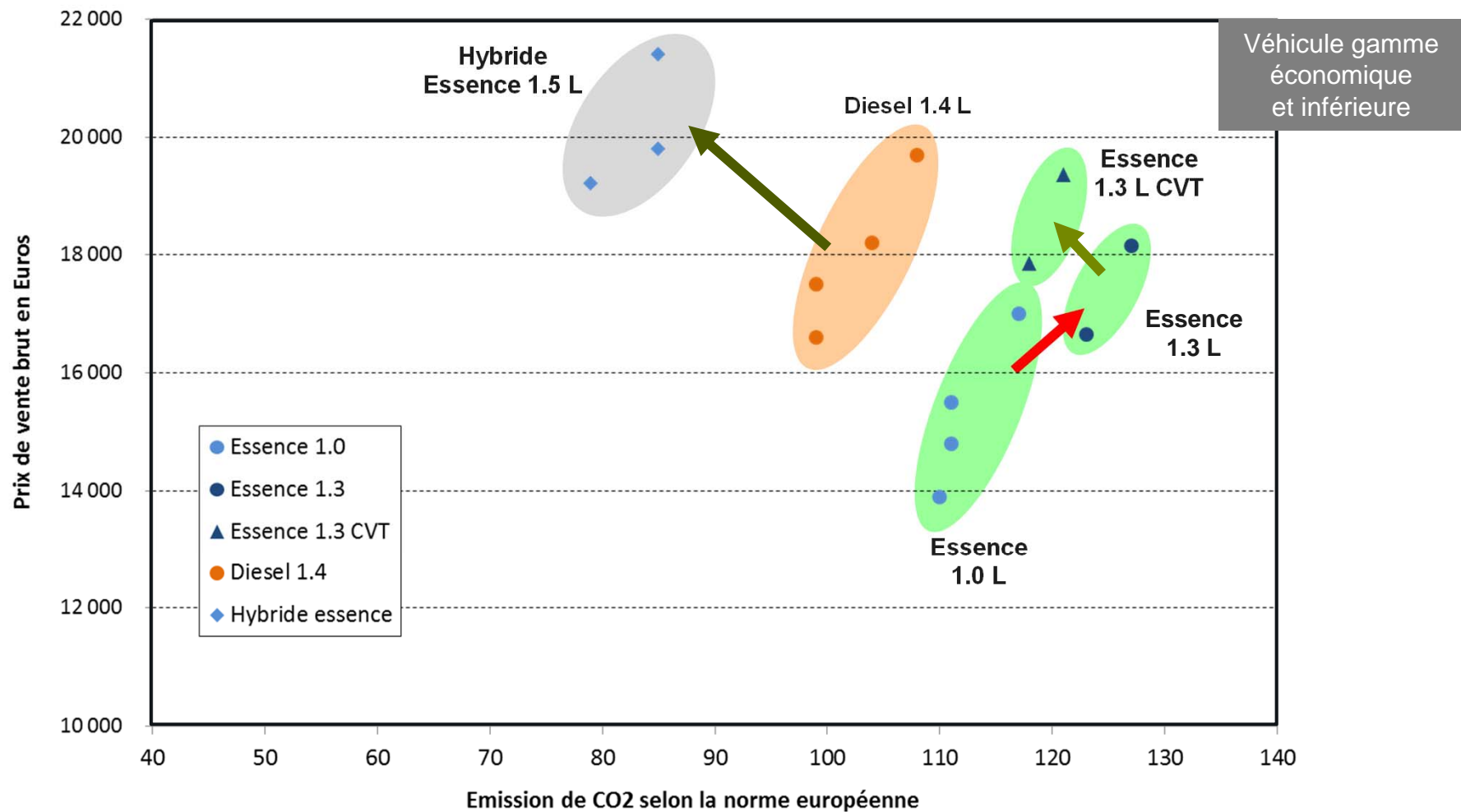
Relation prix / performances en CO₂ (3/3)

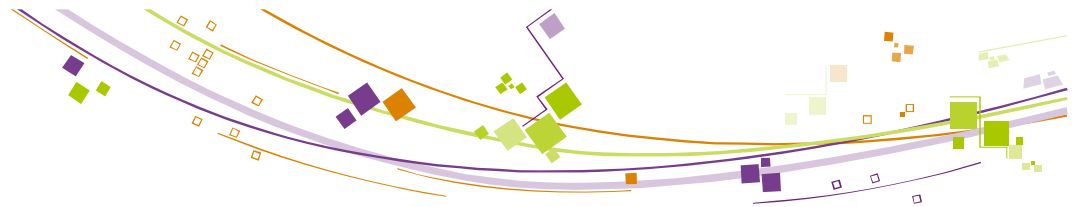
Prix net et éléments de comparaison



Relation prix / performances en CO₂ (1/3)

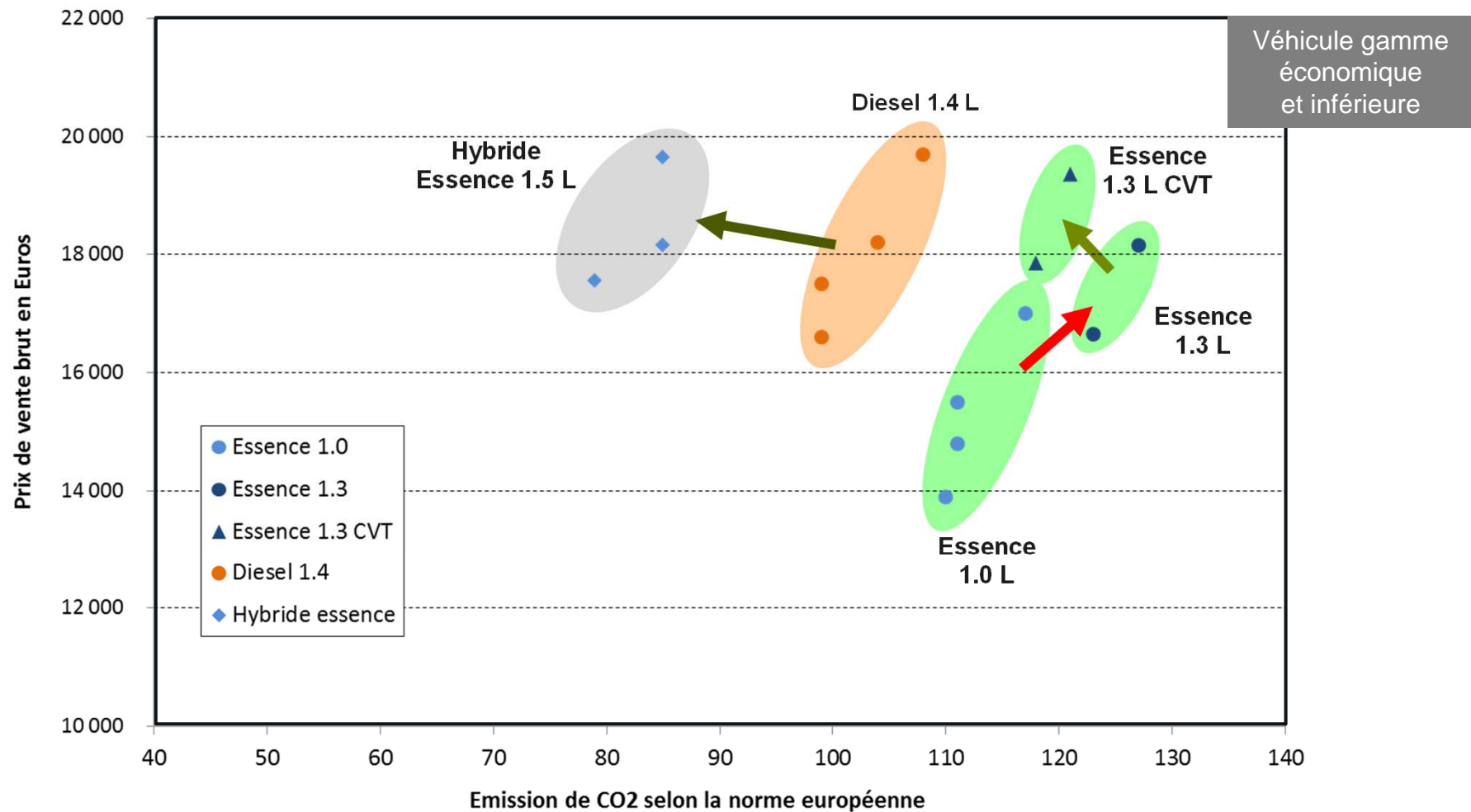
Prix brut





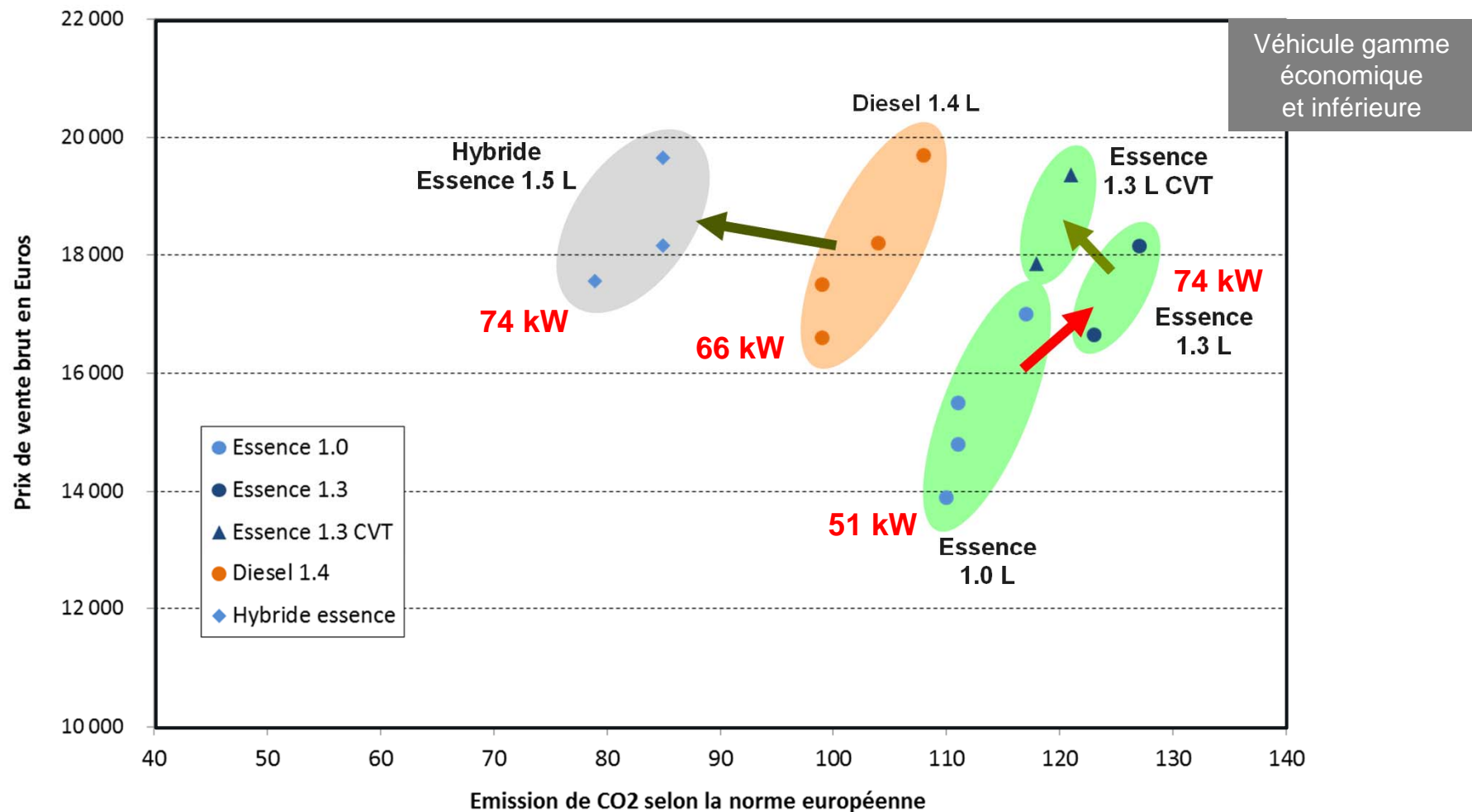
Relation prix / performances en CO₂ (2/3)

Prix **net**



Relation prix / performances en CO₂ (3/3)

Prix net et éléments de comparaison



■ Référence d'un ouvrage collectif pour approfondir



LES VÉHICULES HYBRIDES

Des composants au système

Sous la coordination de François Badin

L'augmentation rapide de la population mondiale et des besoins associés en énergie, l'épuisement annoncé des ressources énergétiques fossiles, la hausse continue des émissions de gaz à effet de serre (GES) et les modifications climatiques qu'elle induit sont parmi les défis majeurs que nous aurons à affronter dans les années et les décennies à venir.

L'hybridation des motorisations est, dans ce contexte, typiquement une technologie de transition. Elle permet d'améliorer sensiblement les performances énergétiques et environnementales des véhicules actuels, sans modifier profondément leurs typologies d'usage, tout en ouvrant la

voie à de nouveaux modes de propulsion pour le plus long terme. Elle constitue cependant un sujet complexe nécessitant une approche multidisciplinaire.

Cet ouvrage se veut exhaustif : il traite du véhicule, des composants, de leur association et de leur contrôle, ainsi que des bilans globaux établis sur la vie du véhicule. Il débute par une présentation générale des différentes conditions d'utilisation des véhicules, qui permettront au lecteur d'appréhender les enjeux liés au développement des véhicules hybrides et les méthodes utilisées pour comparer les performances des différentes solutions. Sont ensuite développés les principes et les différents types de motorisations thermiques et électriques, les systèmes embarqués de stockage de l'énergie, les principes, architectures, composants spécifiques et fonctionnalités des motorisations hybrides, ainsi que la gestion de l'énergie dans ces véhicules. Une analyse globale de différentes motorisations, en cycle de vie (ACV), coûts totaux et disponibilité en matériaux sensibles, est aussi présentée.

Ce livre s'adresse à toutes les personnes intervenant dans la conception, la réalisation et la mise en œuvre de véhicules à motorisation hybride ou de leurs composants. Il intéressera également les étudiants, enseignants et chercheurs désireux d'acquérir des connaissances ou de les approfondir sur l'ensemble des domaines impactés par l'électrification des motorisations. Plus globalement, sa lecture permettra de disposer de l'ensemble des informations nécessaires pour apprécier les technologies liées au concept d'hybridation des motorisations, leur mise en œuvre, leurs bilans et leurs conditions de diffusion.

ISBN 978-2-7108-0986-9 - broché, 17 x 24, 544 p., 85 €

t Editions **TECHNIP**

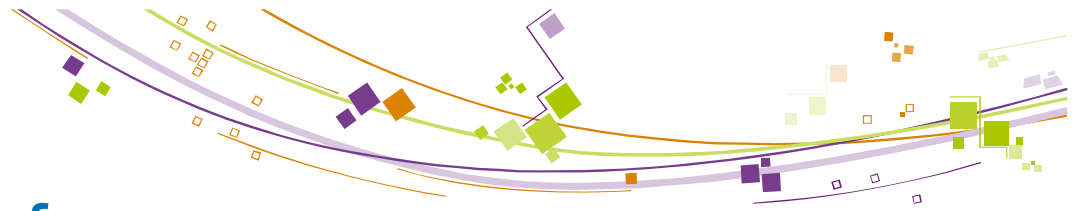
E-mail : info@editionstechnip.com • Site web : www.editionstechnip.com
25, rue Ginoux, 75015 PARIS, FRANCE • Tél. 33 (0)1 45 78 33 80 • Fax 33 (0)1 45 75 37 11

Merci pour votre attention

Innover les énergies



www.ifpenergiesnouvelles.fr



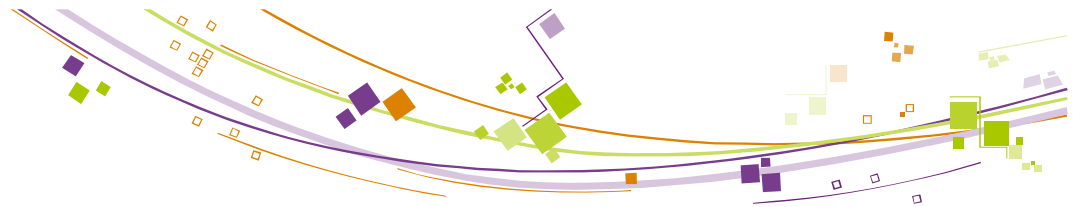
Comparaison des performances BMW e3 Range Extender

■ Prolongateur d'autonomie (Range extender)



- **BMW e3 :**
 - Batterie : Li-Ion
 - Autonomie ZEV : 130 à 160 km
 - MEL : 125 kW
 - MTH : 25 kW, bicylindre (650 cm³)
 - Autonomie totale : ~300 km
 - Prix 35000 € + 4000 €





Synthèse fonctionnalités x architectures

		Architectures		Fonctionnalités ¹	Qualificatif
		Parallèle	Série-parallèle	Série	
Energie(s) consommée(s)	Hydrocarbure	Micro hybrid		Stop-Start	Hybrides discrets
		Micro-Mild hybrid		+ récupération au freinage faible	
		Mild hybrid		+ récupération moyenne et assistance au MTH	
		Full Hybrid		+ récupération bonne, assistance au MTH et mode électrique superviseur	
	Hydrocarbure et électricité	Plug-in hybrid (Blended, Urban capable, No compromise E-REV, E-REV)		+ mode électrique client et liaison réseau électrique	Hybrides fonctionnels

Électrification croissante

1 : Voir détail au chapitre 5.3