

SYSTEMES DE FREINAGE RECUPERATIF

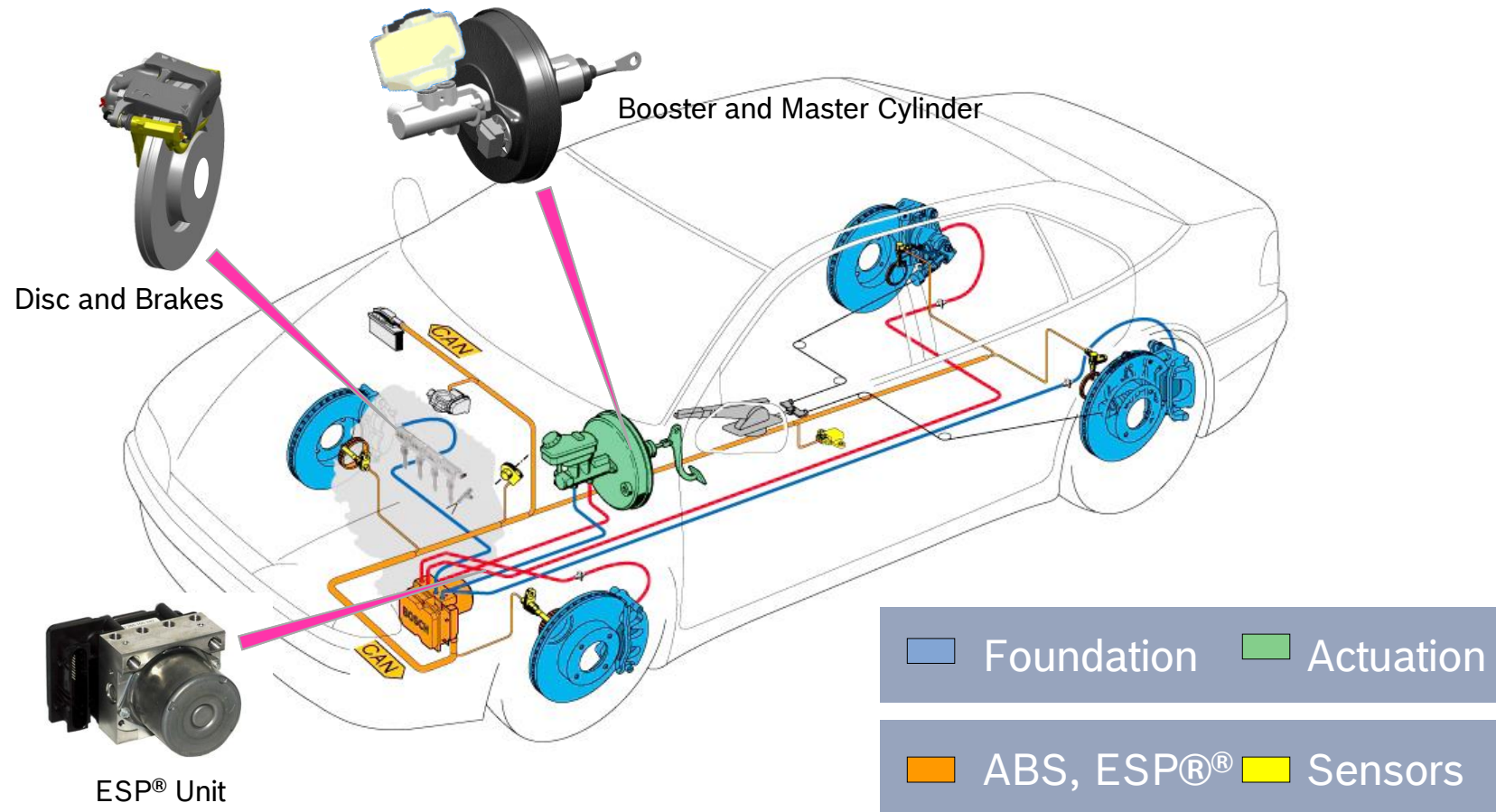
Freinage récupératif automobile

Agenda

- ▶ Les systemes de freinage et leur évolution actuelle
- ▶ Le freinage récupératif , principe et premiers exemples
- ▶ Le freinage récupératif par l'ESP®, approche Bosch “clover leaf”
- ▶ Potentiel et challenges des systems de freinage récupératif

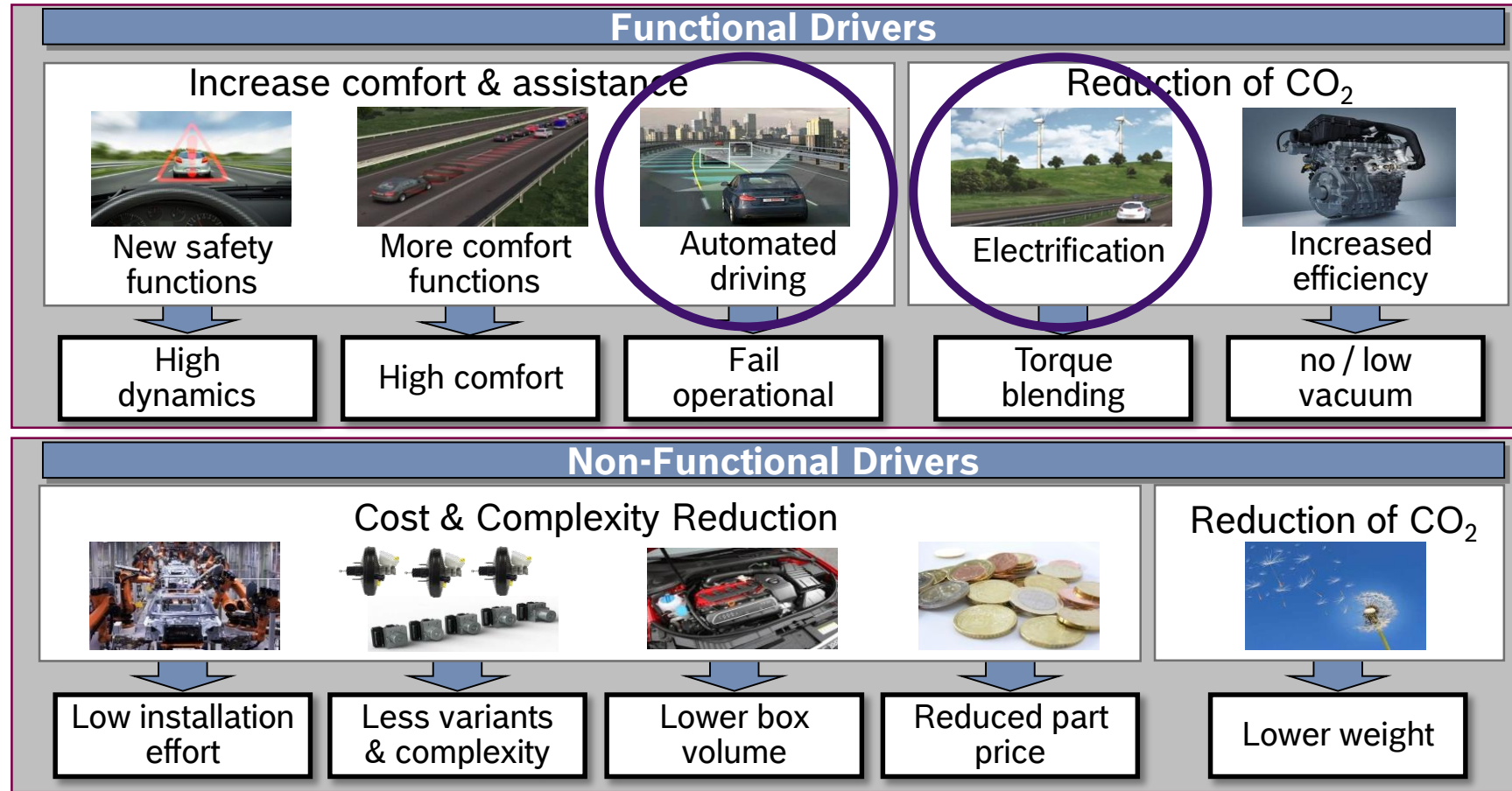
Freinage récupératif automobile

Les systemes de freinage : actuation / modulation / foundation



Freinage récupératif automobile

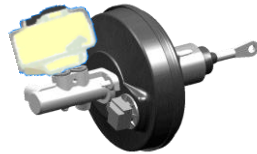
Evolutions actuelles des systemes de freinage, “market drivers”



Freinage récupératif automobile

“New Braking Systems” : évolutions actuelles

Vacuum Booster
&
Master Cylinder



1929



iBooster



2013

Standard
ESP®



1995

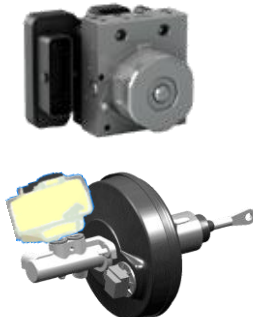


ESP®*hev*



2013

Vacuum Booster
&
ESP®



Integrated
Power brake

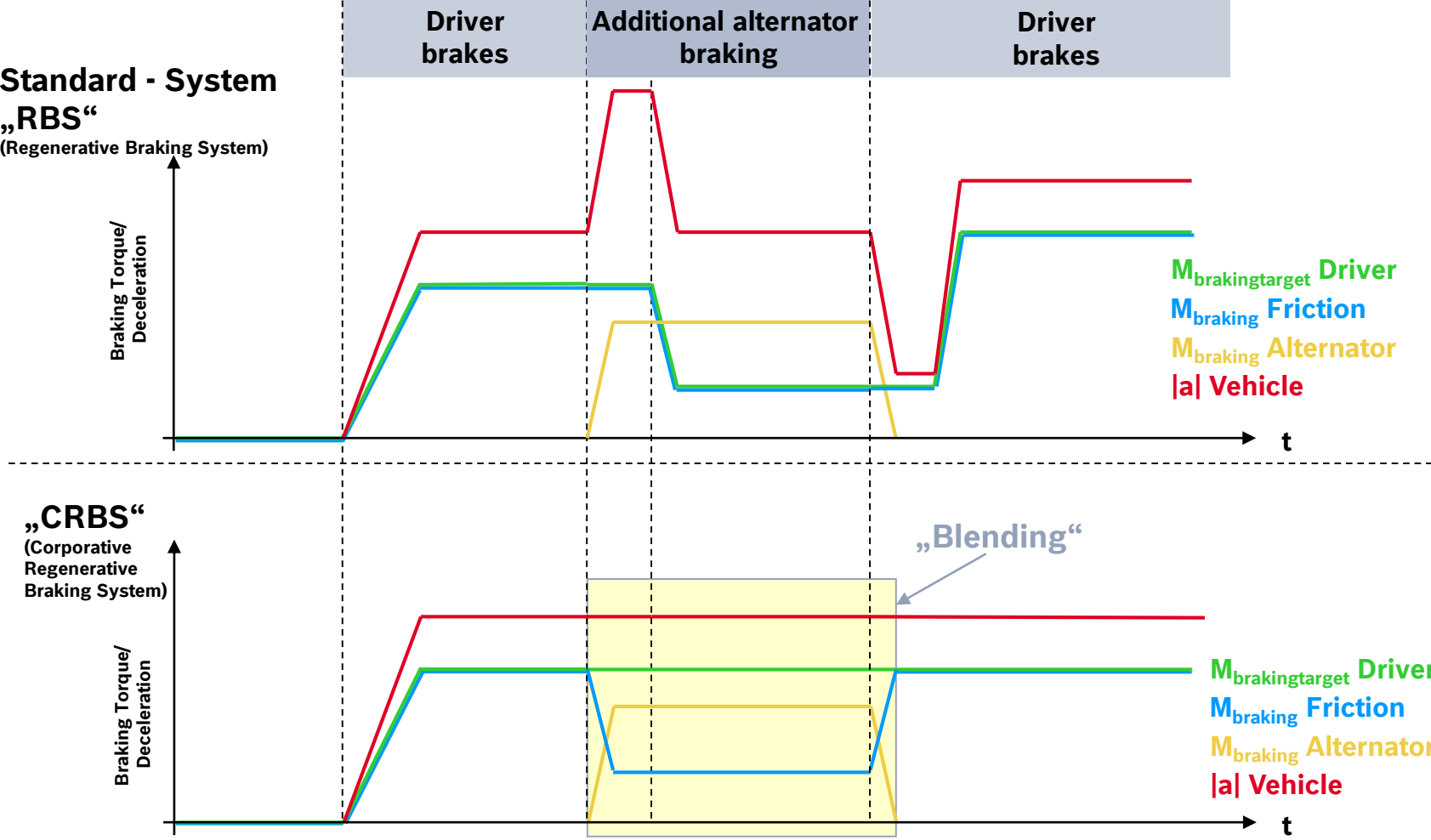


>2016

FREINAGE RECUPERATIF : PRINCIPE

Freinage récupératif automobile

Principe



FREINAGE
RECUPERATIF :
RBS
OU
BRAKE-BY-WIRE
AU DEPART...

Freinage récupératif automobile

Exemples de Systemes RBS sur le marché



Porsche Cayenne Hybrid 2010
333 ch / 47 ch

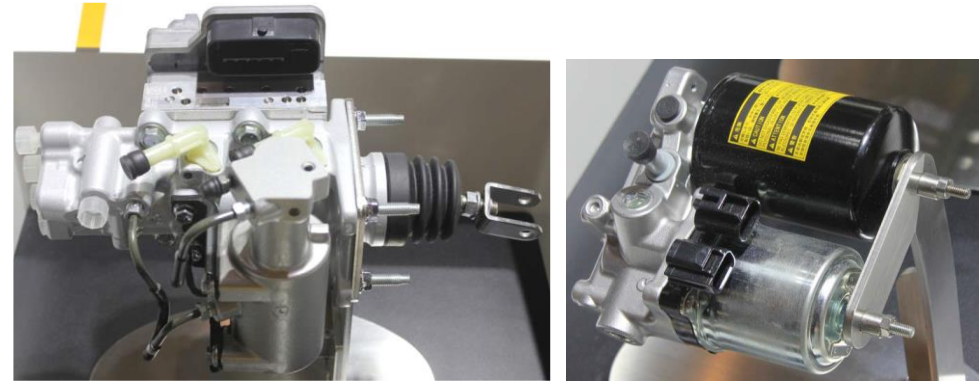


Peugeot 3008 Hybrid 2012
167 ch / 37 ch
Récupération au levé de pied accélérateur

Freinage récupératif automobile

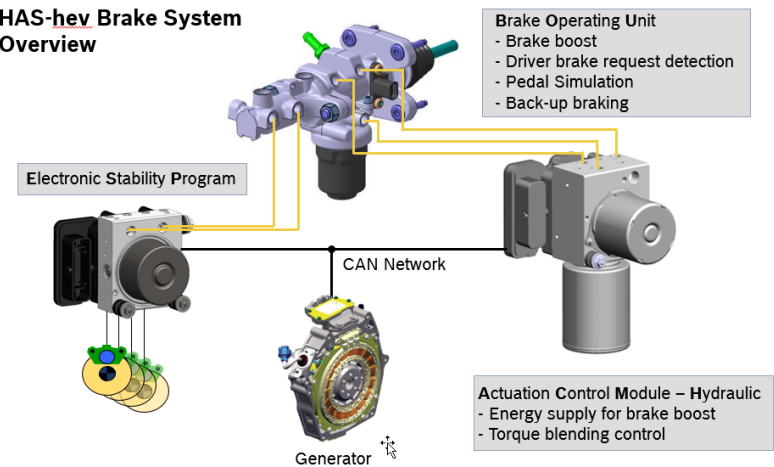
Systemes CRBS “brake-by-wire”

Toyota Prius 2003
57 kW / 50 kW



Renault Zoe 2012
66 kW

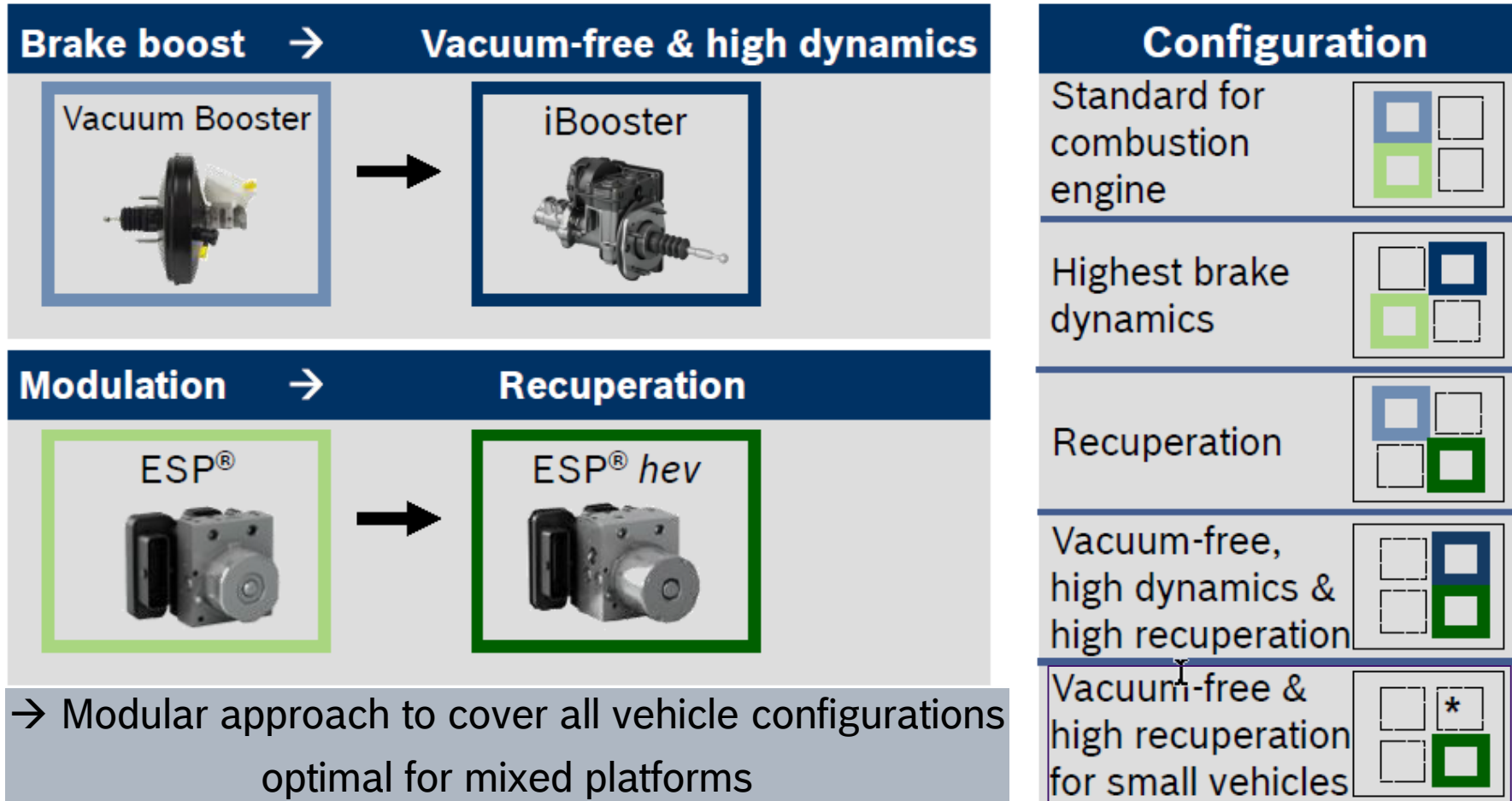
HAS-hev Brake System Overview



FREINAGE RECUPERATIF PAR L'ESP® : OPTIMUM PERFORMANCE/COUT

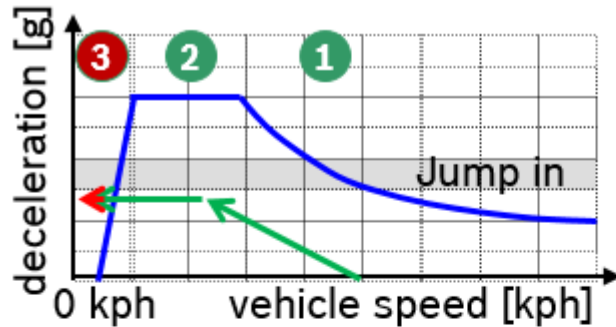
Freinage récupératif automobile

L'approche "Clover Leaf" de Bosch : approche modulaire

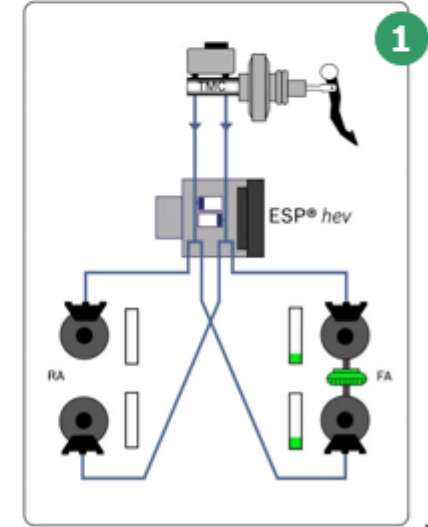
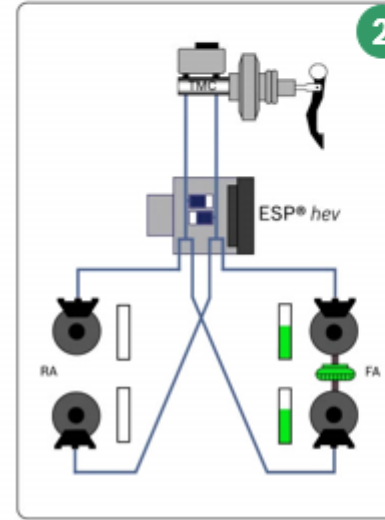
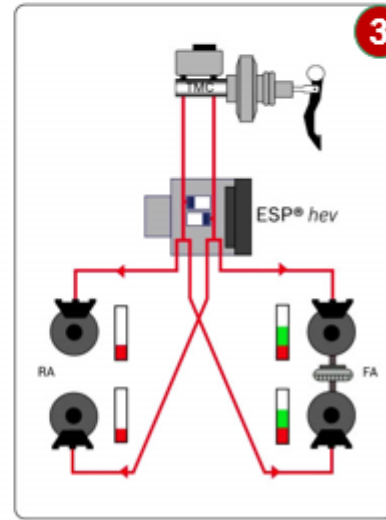
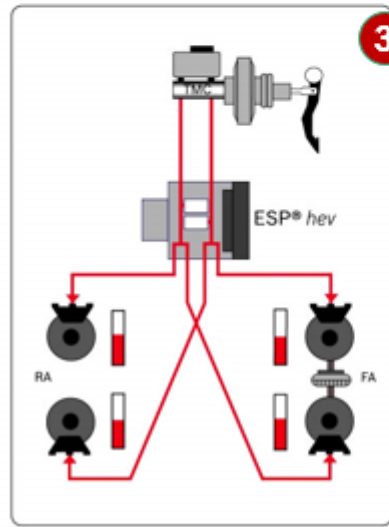


Freinage récupératif automobile

Regeneration avec ESP[®]hev et Vacuum Booster



- ESP[®] *hev* stores the brake fluid and pumps it back
- Vacuum booster keeps the pedal feel consistent within the jump in area



POTENTIEL ET CHALLENGES DU FREINAGE RECUPERATIF

Freinage récupératif automobile

Valeurs typiques d'efficacité énergétique – Véhicule hybride de taille moyenne. Mesures Bosch

	ESP®hev + vac. booster		ESP®hev + iBooster	
	NEDC	Street drive ¹⁾	NEDC	Street drive ¹⁾
max. recuperable energy limited by generator	0,41 kWh	5,8 $\frac{\text{kWh}}{100\text{km}}$	0,41 kWh	5,8 $\frac{\text{kWh}}{100\text{km}}$
recuperable energy limited by brake system	0,38 kWh	4,7 $\frac{\text{kWh}}{100\text{km}}$	0,38 kWh	5,8 $\frac{\text{kWh}}{100\text{km}}$
regenerative efficiency	95%	81%	100%	100%
fuel savings ²⁾	0,58 l/100km	0,77 l/100km	0,6 l/100km	0,95 l/100km

1) based on HYZEM cycle

2) efficiency el. powertrain and storage: 52%;
efficiency combustion engine 35%

Freinage récupératif automobile

Exigences fonctionnelles

“Pedal feel” : Le système doit être transparent pour le conducteur:

- “torque blending” : décélération constante pour une position pédale donnée
- “force blending” : pas de perturbation de la force pédale ressentie au pied

Précision

de la pression de freinage dans toutes les conditions

Bruit , NVH

Le système de doit pas générer plus de bruit qu'un système classique

Stabilité du véhicule

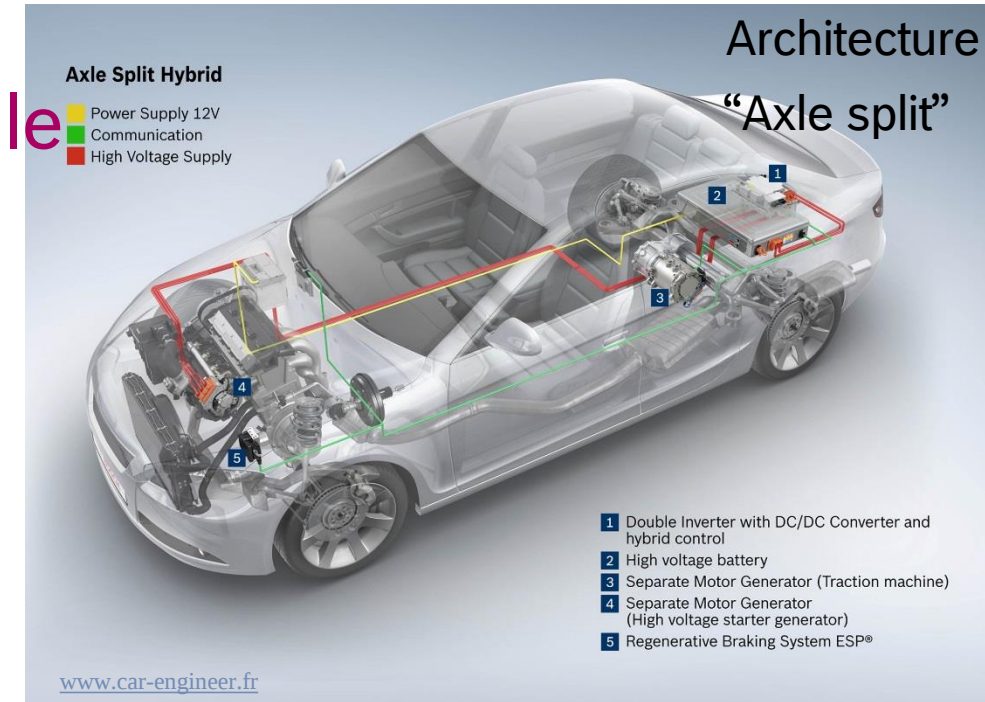
Le freinage par la ou les machines électriques ne dot pas destabiliser le véhicule

L'ABS, le Traction control et le contrôlr de trajectiore fonctionnent aussi bien que sur un système 100% hydraulique

Freinage récupératif automobile

Integration dans la dynamique vehicule

- Complexité croissante des chaines de traction, notamment
 - différents types d'architecture moteur (AV/AR)
 - transmissions (machine electrique débrayable ou non...)



- Nécessité d'adapter les strategies de recuperation aux configurations vehicules
 - Stratégie de transition entre "pied levé" et "freinage effectif" par le conducteur
- Approche système globale
 - Qui fait la repartition des couples entre axes AV et AR par exemple (cas "Axle Splt" avec moteurs sur les 2 axes) ?
 - Nécessité de développement combiné système de freinage / powertrain pour optimiser le fonctionnement global

Freinage récupératif automobile

Exigences dysfonctionnelles et non fonctionnelles

Sûreté de fonctionnement / Modes de défaillance / Cadre législatif

- Sûreté de fonctionnement (ISO26262..), aspects partiellement “by wire”
- Mode back-up “mécanique” avec liaison directe avec le conducteur : “state of the art”
- Différents niveaux d'exigences (ECER13H, JAMA au Japon) pour la décélération en mode back-up ($2,44 \text{ m/s}^2$, 6 m/s^2)
- Cadre législatif plus large qu'un système classique avec l'impact possible sur les émissions du véhicule : prise en compte de l'OBD2

Durabilité

ESP® de base , typ. 200h → ESP® *hev* plusieurs milliers d'heures

Freinage récupératif automobile

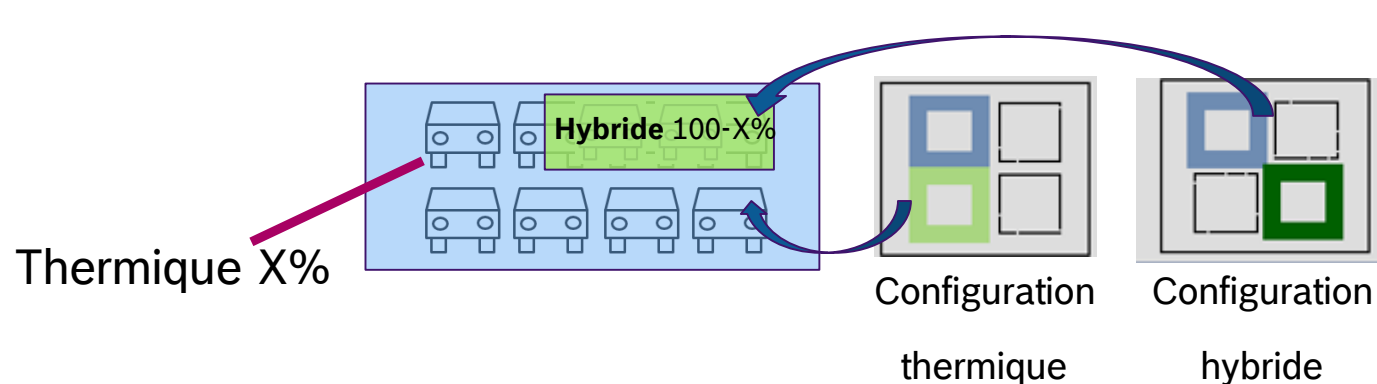
Exigences économiques : problématiques

► Gain intrinsèque

- le coût supplémentaire du système de freinage récupératif est à mettre en balance avec les gains en CO₂, en taille batterie, autonomie, ... induits par le système
- ces coûts peuvent être mutualisés avec d'autres bénéfices du système de freinage (typiquement : meilleure dynamique de montée en pression pour freinage d'urgence EuroNCAP via système iBooster)

► Stratégie industrielle dans le cadre d'une plateforme véhicule complète

- La compatibilité et la scalabilité avec les systèmes classiques (ESP®) dans le cadre de plateforme mixte thermique/hybride est particulièrement importante, afin de limiter les surcoûts d'installation et d'ingénierie



Freinage récupératif automobile

Exigences économiques : tendances

- ▶ la généralisation des systèmes **CRBS** (Cooperative Braking) est en cours pour les véhicules hybrides et électriques
- ▶ Les aspects “**scalabilité**” et limitation des coûts – notamment d’engineering - plaident pour des systèmes modulaires issus de systèmes existants – tels que l’ESP[®]hev – notamment pour les plateformes véhicules mixtes (thermique / hybride / électrique)
- ▶ Les systèmes **brake-by-wire** restent une **alternative** dans le cadre d’un équipement d’une plateforme à 100%, si d’autres exigences rendent ce système plus attractif pour le constructeur

**MERCI
DE VOTRE
ATTENTION**