SIA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

le freinage dissipatif et récupérateur

GROUPE RENAULT

PSA PEUGEOT CITROËN

Yann BONNY
PSA Peugeot Citroën
Jean-Marc VIDAL
Renault SA

Agenda

- Architecture classique des circuits de freinage, critères de dimensionnement
- Évolution forte du contexte, nouveaux services.
- CO2, Hybridation, Aides à la Conduite (ADAS), Véhicule Autonome
- Évolution des architectures
- Conclusion

Dissipatif historique

Fonctions de service

Attentes des utilisateurs

EFFICACITE

Distances d'arrêt
Progressivité
Stabilité, Directibilité

SECURITE

Endurance
Alerte et performances min. en défaillance

CONFORT

Sensation de maîtrise et d'efficacité
Absence de bruits

QUALITE FIABILITE

Durée de vie des pièces d'usure

Services

PERMETTRE AU CONDUCTEUR DE RALENTIR ET D'IMMOBILISER LE VEHICULE

Fonctions

FREIN DE SERVICE DE STATIONNEMENT DE SECOURS

Contraintes

REGLEMENTATION

Performances
Construction
Autonomie, Sécurité

ARCHITECTURE

Intégration au véhicule

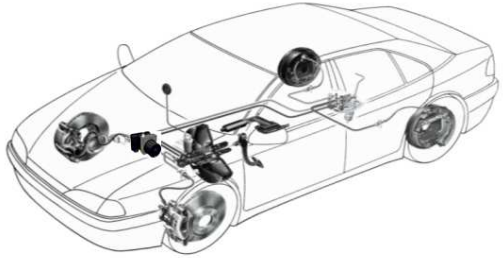
INDUSTRIALISATION

Standardisation
Montage

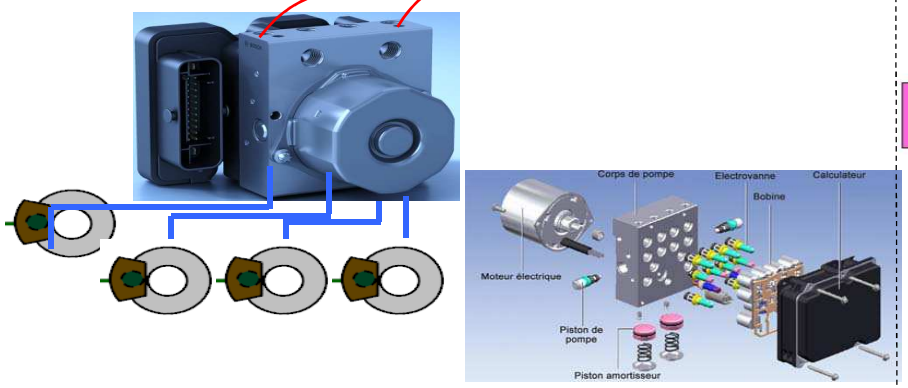
APRES-VENTE

Remplacement des pièces d'usure
Diagnostic

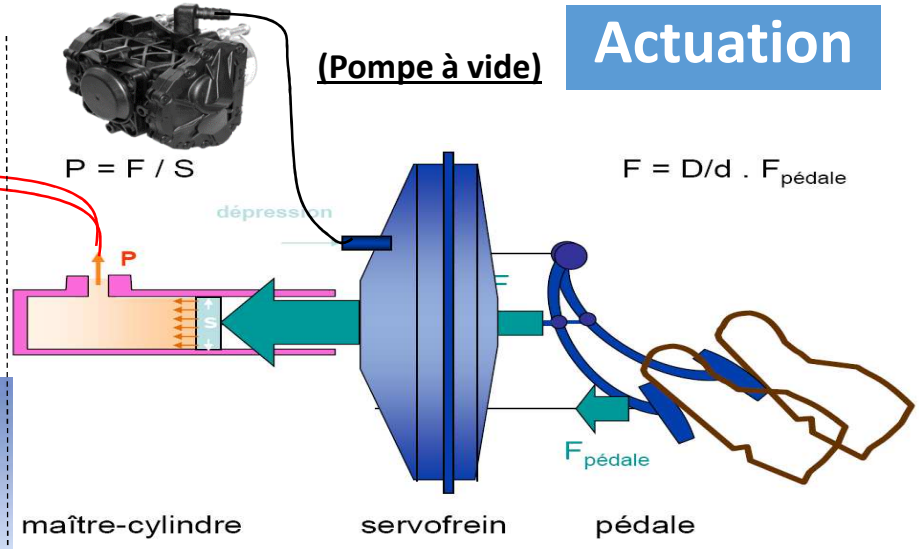
Architecture d'un système classique



Modulation



Actuation



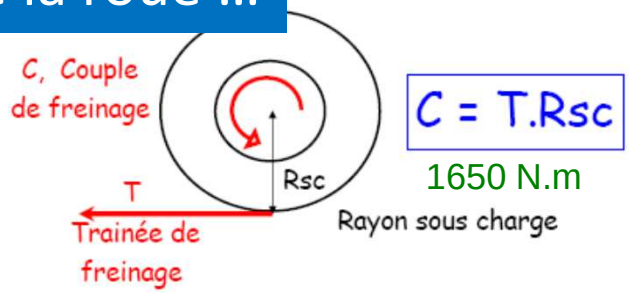
- Modulation de pression (ABS)
- Génération de pression (ESP)

- Génération de pression

Dimensionnement Hydro-Mécanique

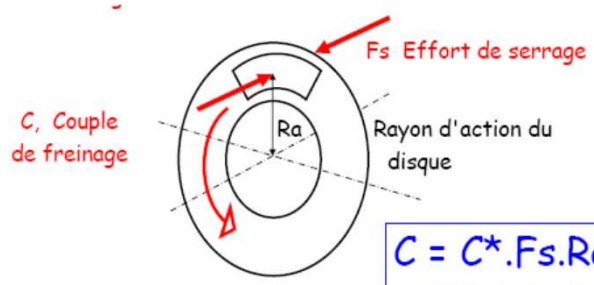
> Chaine des efforts établis entre la pédale de frein et les trainées au sol

de la roue …



$C = T.Rsc$

1650 N.m

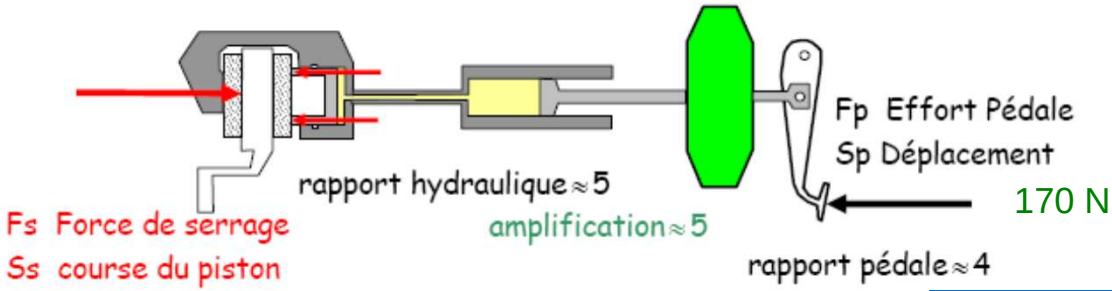


$C = C^*.Fs.Ra$

$(0.5 < C^* < 1)$

μ=0.4

17000 N



$Fs \approx 100 \times Fp$

$Sp \approx 50 \times Ss$

… au pied

Dimensionnement Thermique

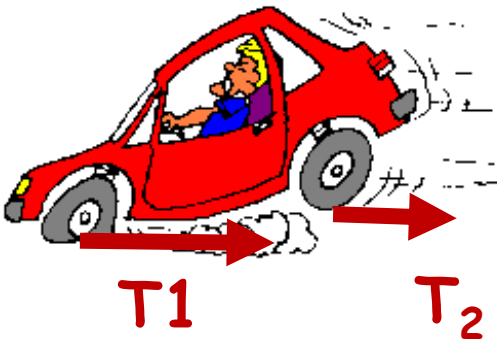
Freinage

Energie dissipée

$E = \frac{1}{2} M(V_0^2 - V_f^2)$

$E_1 = E.\ T_1/(T_1+T_2)$

$E_2 = E.\ T_2/(T_1+T_2)$



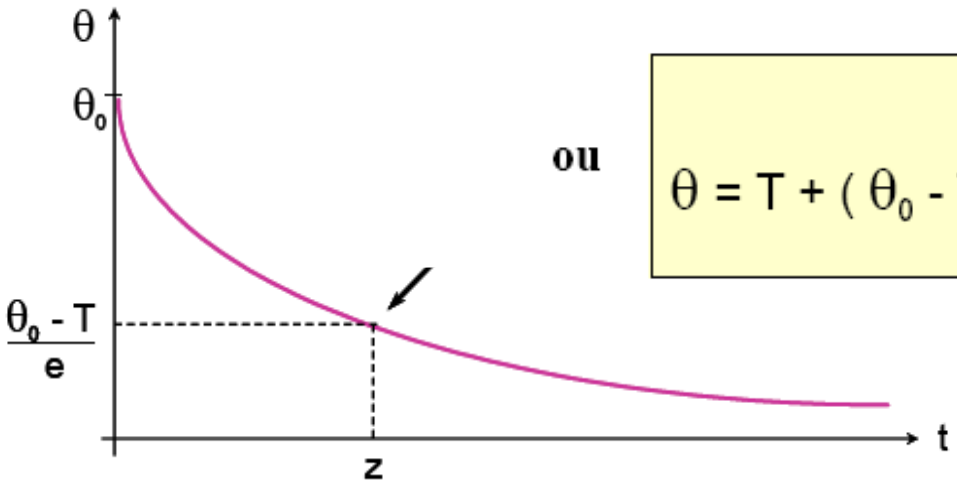
$$\Delta\theta = \frac{E}{V_u \rho C}$$

Volume Utile de matière échauffée

Capacité Calorifique totale de la couronne du rotor

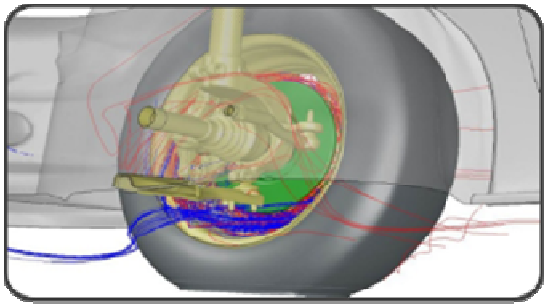
Refroidissement

Puissance 0,9MW



ou

$$\theta = T + (\theta_0 - T)\, e^{-\frac{\Delta t}{z}}$$

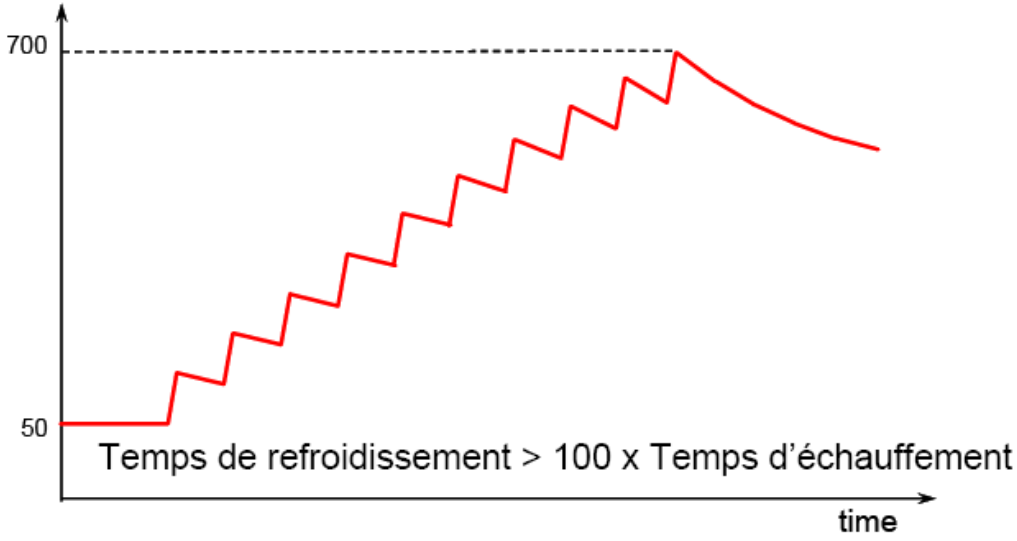


GROUPE RENAULT

PSA PEUGEOT CITROËN

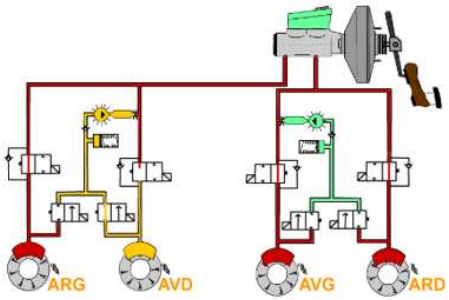
Dimensionnement Thermique

Freinages et refroidissements répétés (essais AMS):



- Possibilité d'échauffement important sur des coups de freins répétés
- Perte d'efficacité garnitures et liquide
- Critère principal de dimensionnement des rotors de freinage

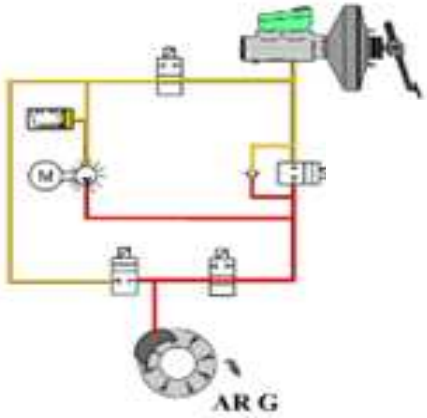
Modulation ABS-ESP



> 2 fonctions complémentaires

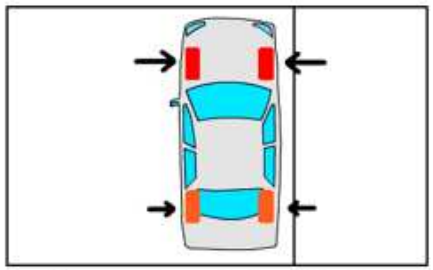
> ABS est une fonction **Freinage** évite le blocage (diminue la pression) pour garder la capacité de guidage latéral de la roue

> Fonction Réactive

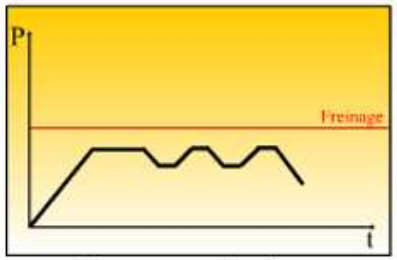


> ESP est une fonction globale **Comportement** (action pression positive et négative) avec action sur les freins et le GMP

> Potentiel Fonction Pro-active

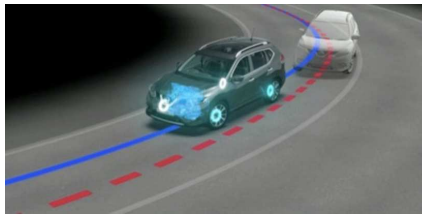


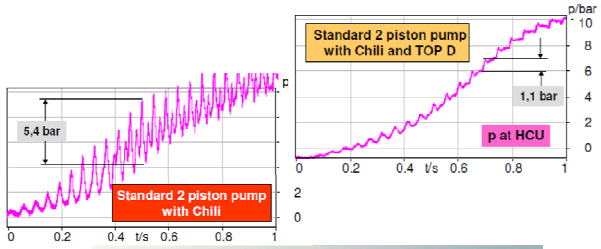
Comportement du véhicule



Rapport pression/temps

Modulation ABS-ESP





> ESP fonction Pro-active

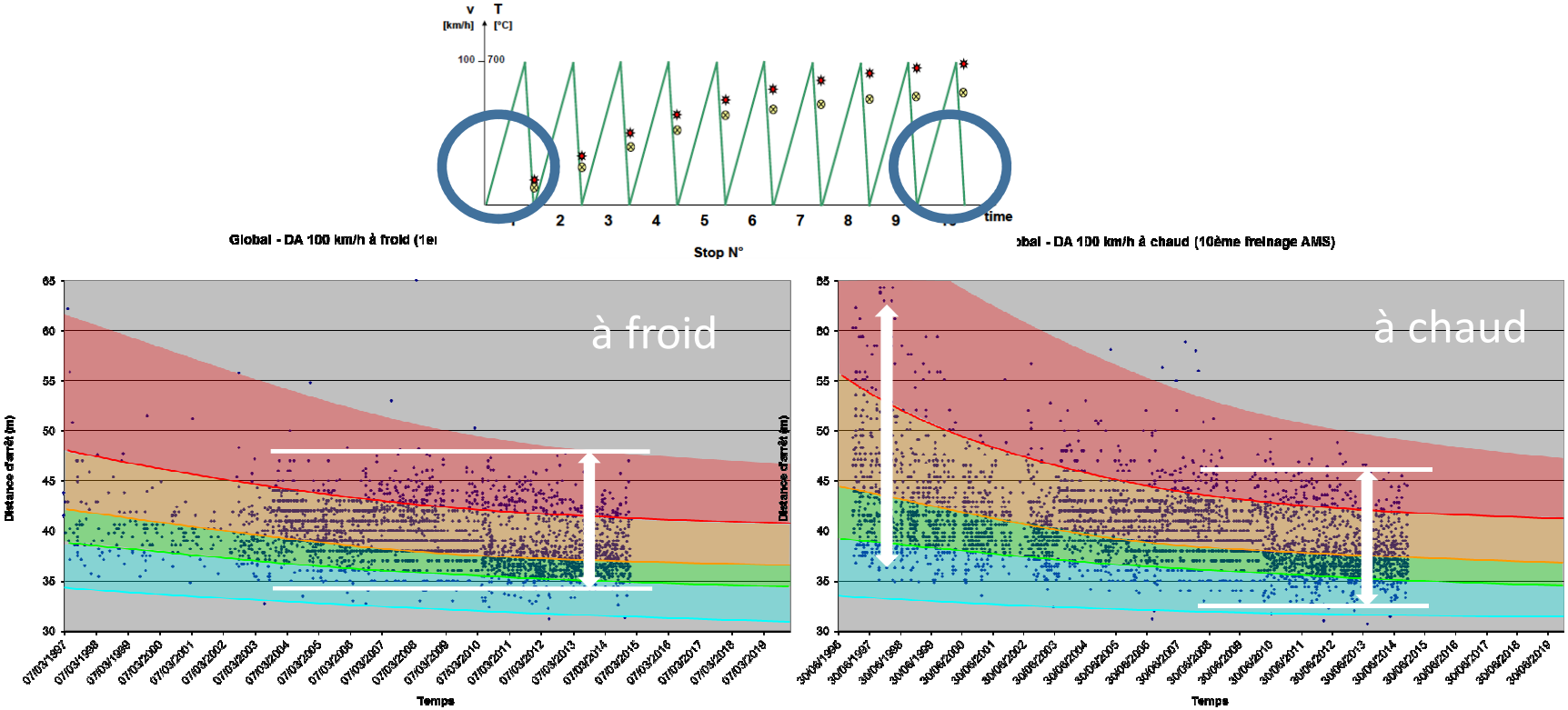
> Ouvre le potentiel de fonctions d'anticipation
- Torque vectoring
- Aide au démarrage en côte
- …

> Enjeu finesse de la régulation et acoustique pour le confort de l'utilisateur.

> Enjeu planning projet fort car mise au point basse adhérence calée sur les hivers.

Performances: évolution asymptotique

> Évolution des distances d'arrêt depuis 1997



> Évolution importante des distances d'arrêt à chaud

> Stabilisation des résultats

Nouvelles Fonctionnalités – Inducteurs du Marché.

Emissions GMP

Refroidissement des feins

Efficience GMP

Electrification GMP

- Maitrise de la trainée aérodynamique
- Suppression du vide
- Récupération d'énergie

ADAS

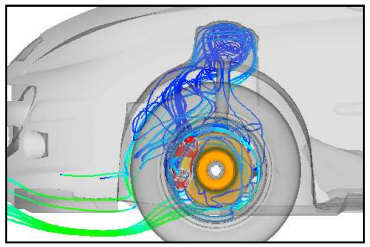
Fonctions de Sécurité

Fonctions de confort.

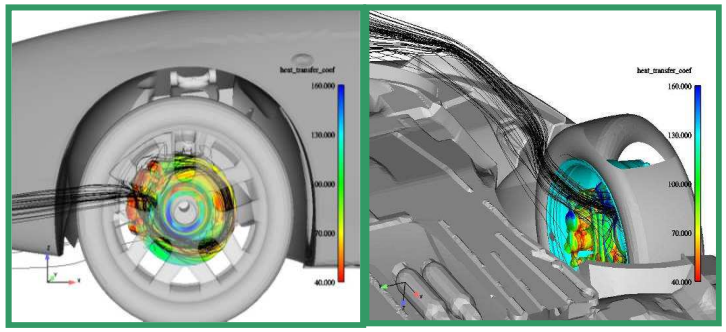
Véhicule Autonome

- Performances Dynamiques
- Confort de Régulation
- Modes Dégradés

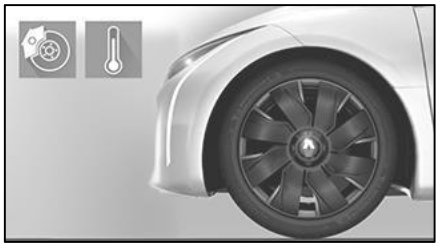
Freinage : Refroidissement des récepteurs et Aérodynamique.

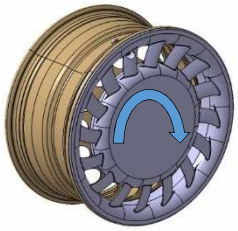


- **Leviers et enjeux :**
  - **Perméabilité Aéraulique du passage de roue.**
  - **Garde au Sol.**
  - **OdG enjeux : Scx - 1dm² (0,5g CO2) => +10°C au liquide de frein.**

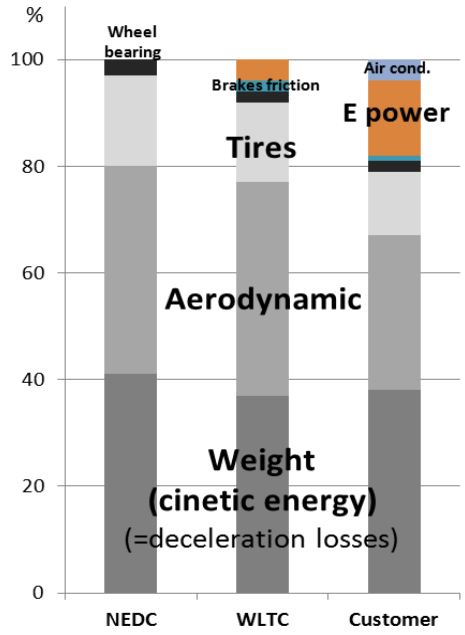


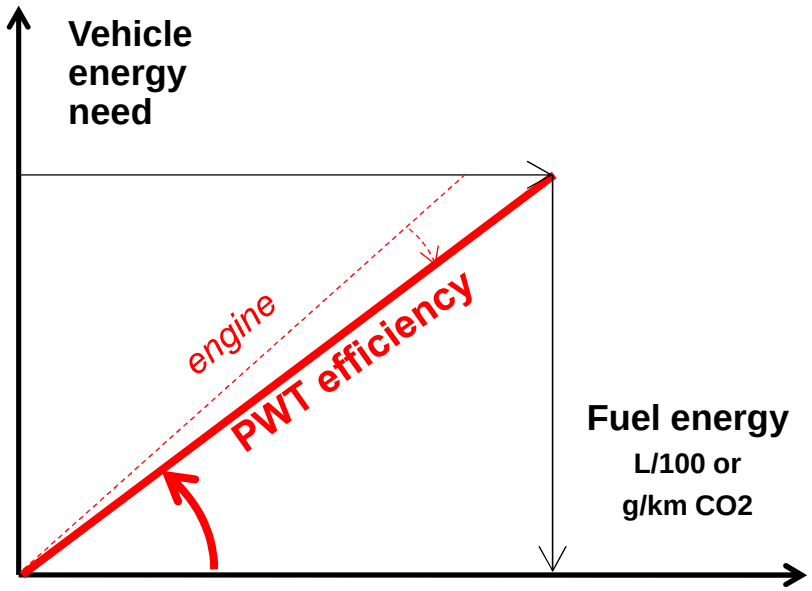
- **Leviers spécifiques d'optimisation :**
  - **Entrées d'air pilotées.**
  - **Traitement Aéraulique des Roues : Enjeux OdG Scx - 1 dm² (0,5 g CO2).**





Hybrides : Bilan énergétique Véhicule.





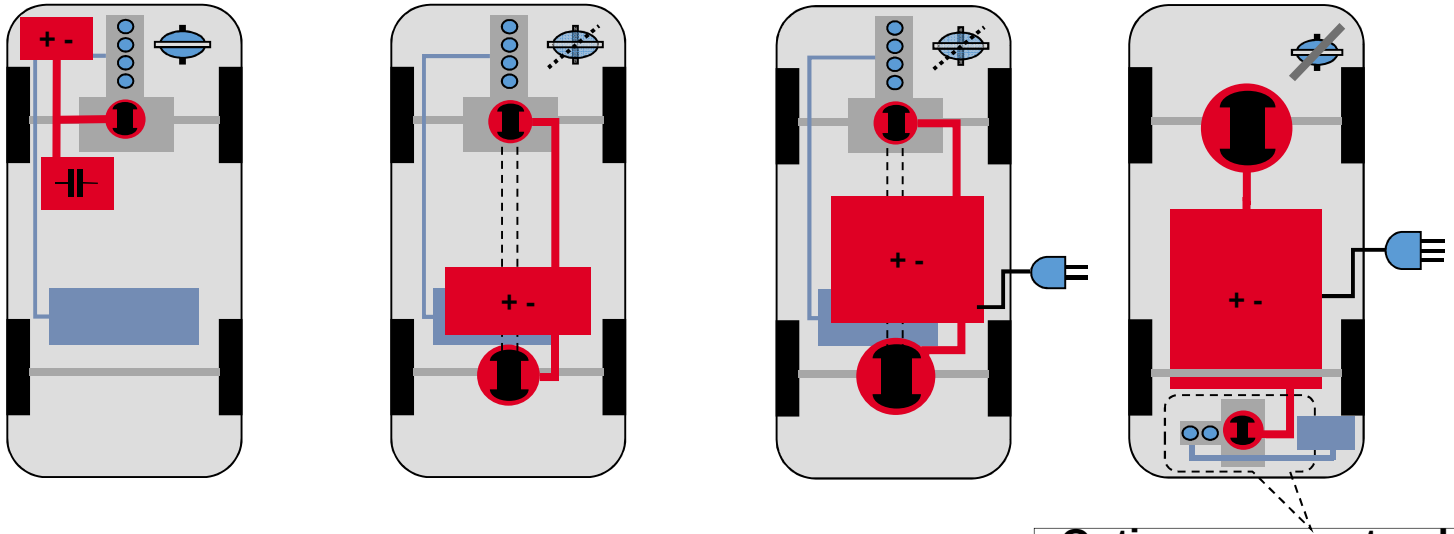
NEDC kinetic energy	~ 40%
Vehicle need (CdA, etc)	~ 10%
Engine braking	~ 10%
Vehicle braking	~ 20%

Hybrides : Typologie des chaînes de traction.

Véhicule Hybride Electrique HEV — micro - *mild* — Full — Plug In → **Electric Vehicle**

Parallel hybrid

Configuration véhicule:



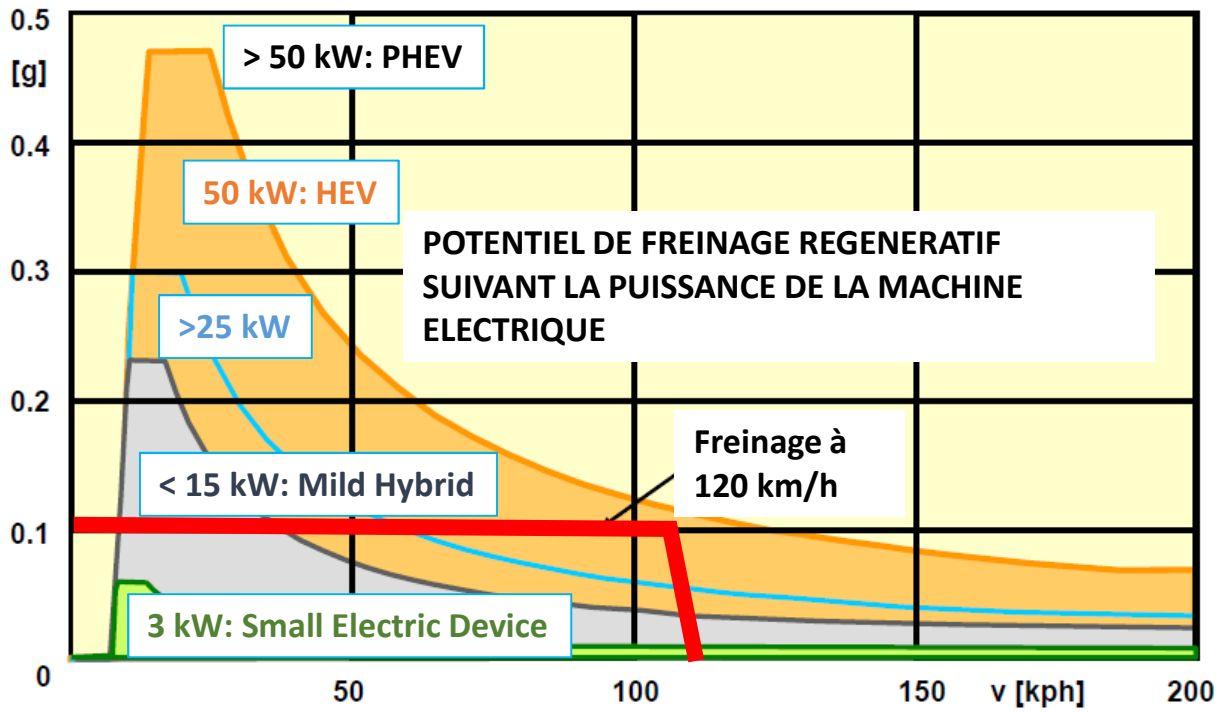
Option range extender

Puissance MEL :	1,5 à 15 Kw (48v)	15 à 30 kW + Stt x kW	40 kW mini + STT xx kW	
STT :	Oui	Oui	Oui	
Boost :	Mild	Oui	Oui	
Récupération :	Mild	Oui	Oui	
ZeV :	-	Limité ~ 3 km maxi	20 km mini	
Plug in :	-	-	Oui	

GROUPE RENAULT

PSA PEUGEOT CITROËN

Hybrides : Machine EE et potentiel énergétique.



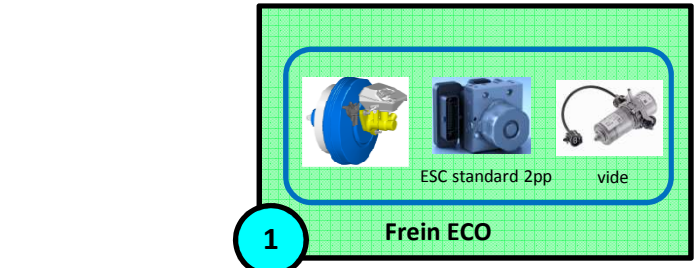
Hybrides : Technologies de récupération d'énergie.

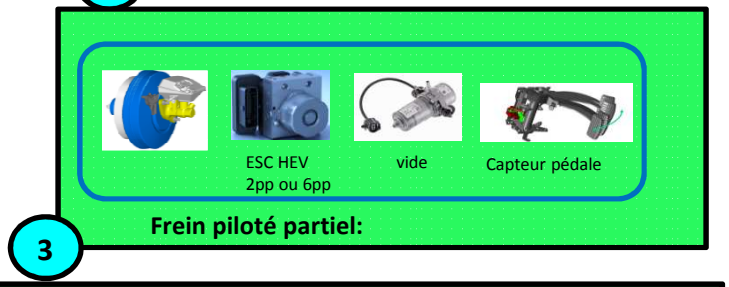
Catégorie 1- Frein Eco:
Lever de pied + offset récup avec PMC.

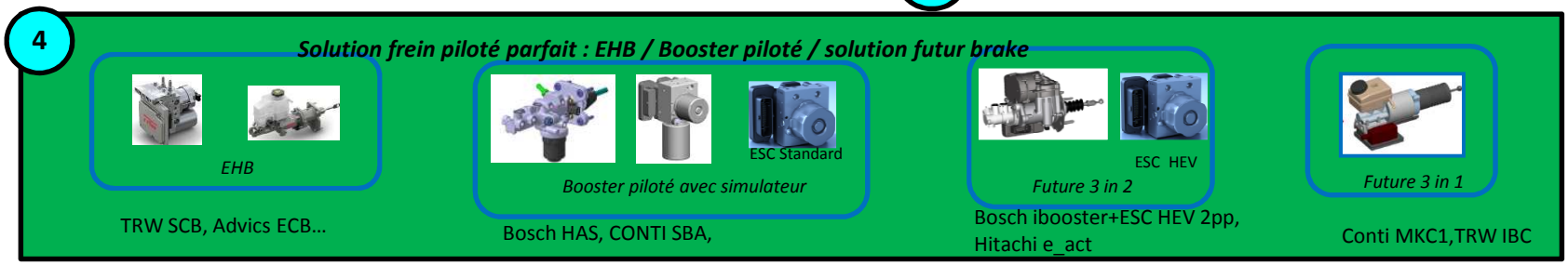
Catégorie 2- Frein Eco + Course morte:
Lever de pied + course morte mécanique avec capteur de course.

Catégorie 3 - Frein piloté partiel :
ESC avec gestion totale du couple récup à la roue limitée (ex : valeur de saut).

Catégorie 4 - Frein piloté parfait :
Maitrise totale du couple à la roue (full blending) sans limitation
EHB / booster piloté / solution Futur Brake

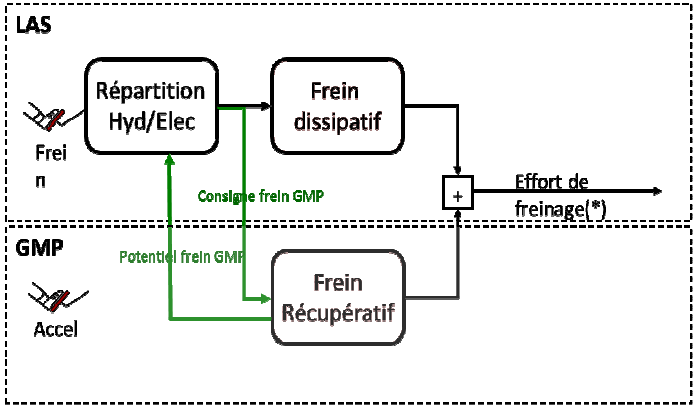


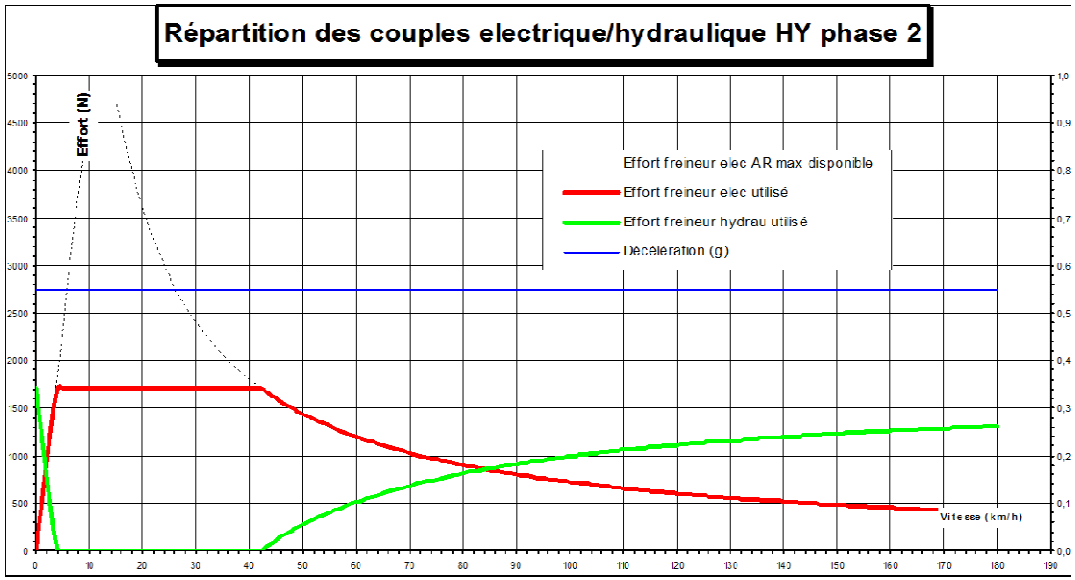




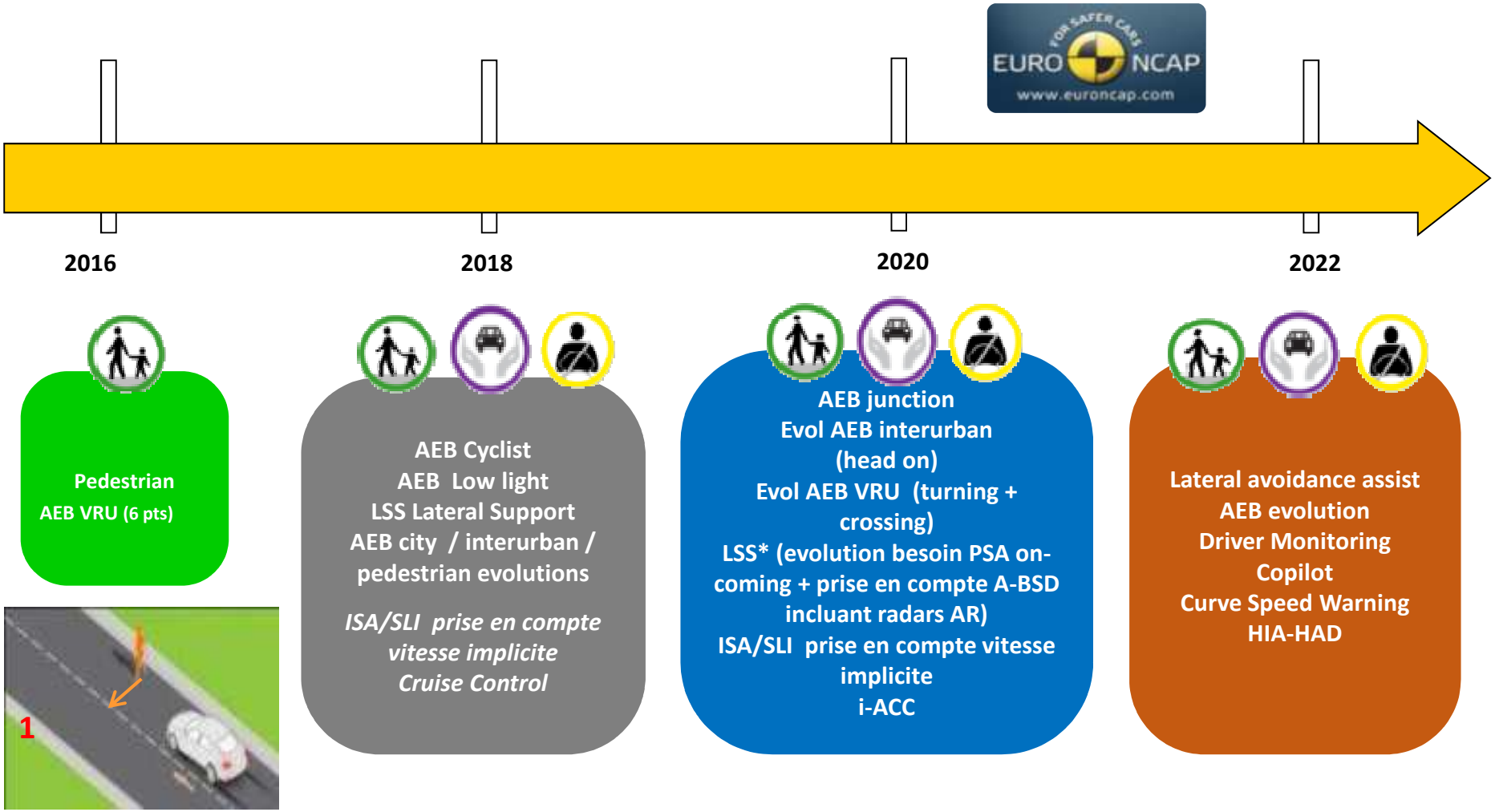
Hybrides : Machine EE et potentiel énergétique.

- **Architecture fonctionnelle ESP / GMP**:
  - Le GMP envoie son potentiel de freinage récupératif à l'ESP.
  - L'ESP gère (est maitre) la répartition de freinage entre dissipatif et récupératif.

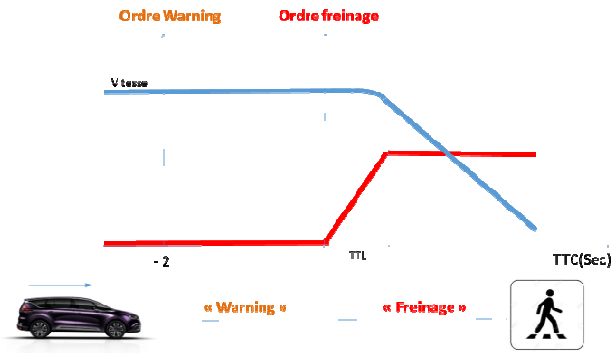


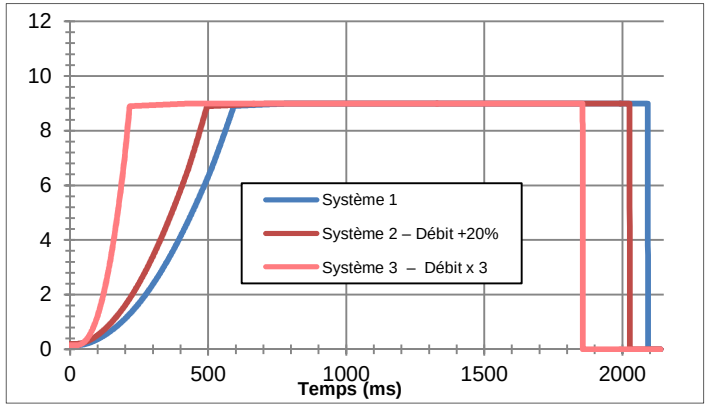


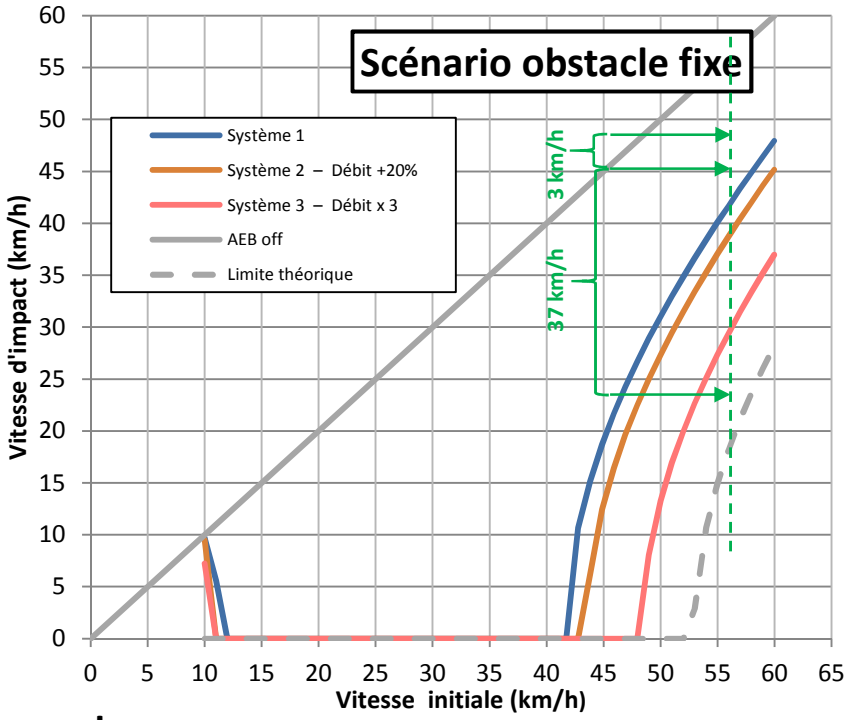
ADAS : Road MaP Euro-NCAP.



Freinage Automatique : Performances Dynamiques.







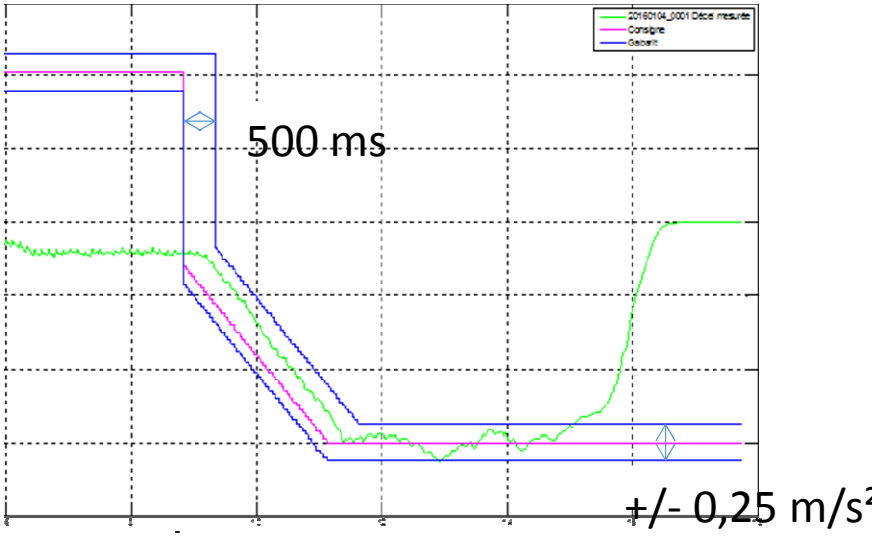
- **Performances en Distance d'arrêt / Vitesse d'impact.**
- **Performances / Freinage intempestif.**

GROUPE RENAULT

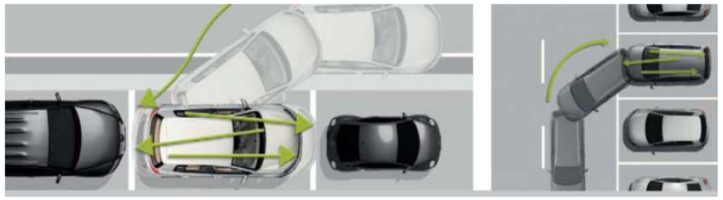
PSA PEUGEOT CITROËN

ACC et Parking Automatique : Finesse de contrôle.

- **<u>ACC</u> - OdG des besoins en régulation dynamique :**
  - **Gradient 3 m/s³.**
  - **Précision 0,25 m/s² soit 2 à 3 bars.**
  - **Fonction confort => Absence de bruit.**

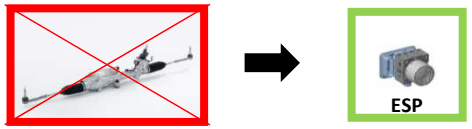


- **<u>Parking Automatique</u> :**
  - **Régulation en position (quelques cm).**



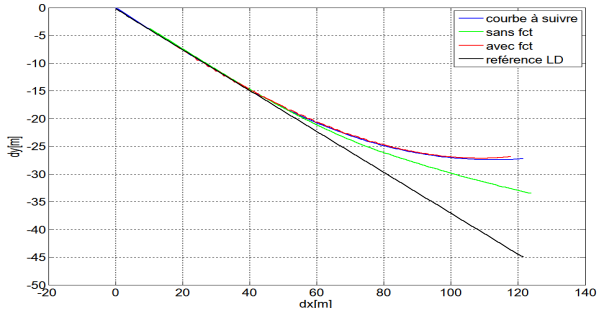
Véhicule Autonome : Redondance Direction et Freinage.

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/ Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/ deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the human driver will respond appropriately to a *request to intervene*	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a *request to intervene*	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human driver	System	System	System	All driving modes



- **Direction** :

Freinage des roues intérieures avec ESP



- **Freinage** :

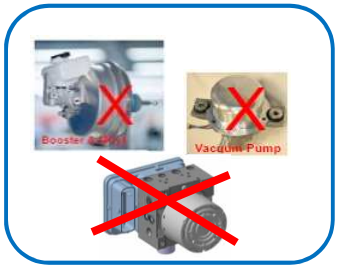
Architecture Système de freinage.	*Freinage en défaillance.*	*Performances .*
2Box	Freinage avec e-booster ou bloc ESP selon actionneur principal Fonction ABS possible.	Entre 4 et 7m/s2
1Box	Freinage avec bloc de redondance FBU ou avec 1Box redondé Fonction ABS possible.	

GROUPE RENAULT

PSA PEUGEOT CITROËN

Architectures des Systèmes Intégrés de Freinage.

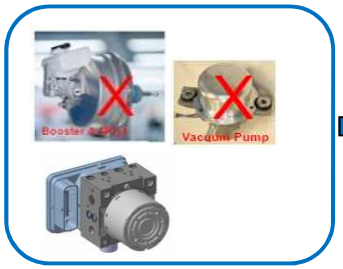
Intégration Complète: Concept 3 en 1.

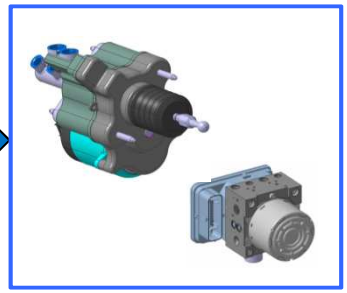


-ESP, amplificateur maitre-cylindre et pompe à vide remplacés par un unique élément compact.

Approche plateforme privilégiée

Intégration Partielle: Concept 3 en 2.





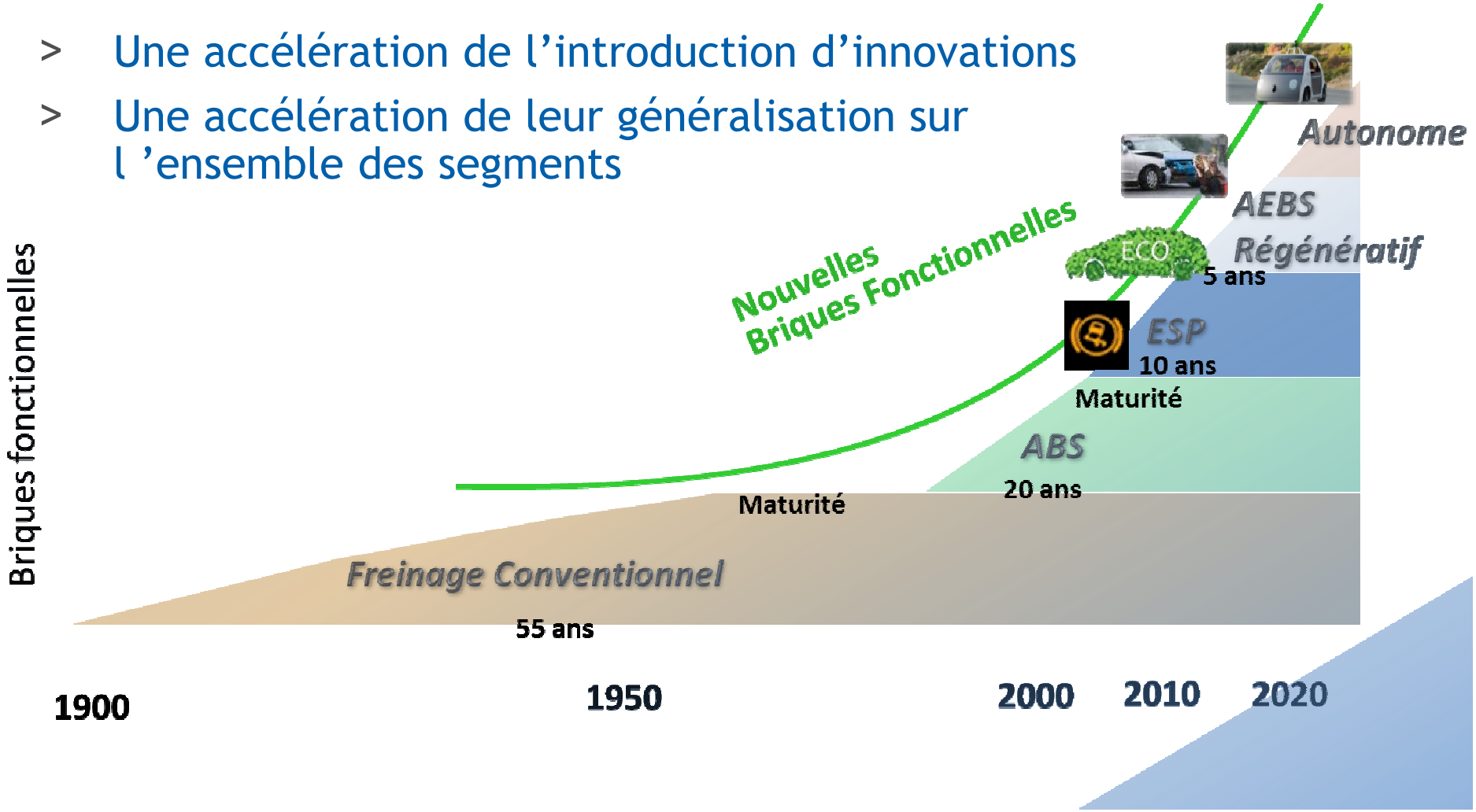
-Amplificateur maitre-cylindre et pompe à vide remplacés par un amplificateur électromécanique
-ESP conservé séparé

Approche modulaire privilégiée

Conclusions

> Une accélération de l'introduction d'innovations

> Une accélération de leur généralisation sur l 'ensemble des segments



> le freinage dissipatif et récupérateur

QUESTIONS et REPONSES

BACK UP

Bref Historique

> 1899 : Apparition des pneumatiques, les vitesses de pointe atteignent 100 km/h.

> 1902 :
  - Lanchester dépose le brevet du Frein à Disque.
  - Herbert Frood développe et brevette les premiers matériaux de friction moderne : Naissance de la marque Ferodo.

> 1907 : Apparition des Freins à Tambour avec commande au pied.

> 1910 : Premier véhicule exposé au Salon de Londres avec quatre Freins à Tambour.

> 1920 : Apparition des servofreins à dépression.

> 1922 : L'ingénieur Malcolm Loughead [Lockheed] substitue à la transmission mécanique la transmission hydraulique.

> 1924 : Les Freins Lockheed sont exposés au Salon Automobile de New-York.

> 1936 : Les constructeurs Européens utilisent le freinage à commande hydraulique.

> 1953 : Dunlop équipe de freins à disque une Jaguar XK 120 participant au 24h du Mans.

> 1954 : Les premiers disques ventilés sont visibles sur une Alfa-Romeo.

> 1955 : Premier frein à disque [De grande série] sur l'essieu avant de la Citroën DS.

> 1963 : La marque Knorr équipe de freins à disque un poids lourd.

> 1969 : La marque Knorr équipe de freins à disque la première motocyclette de série

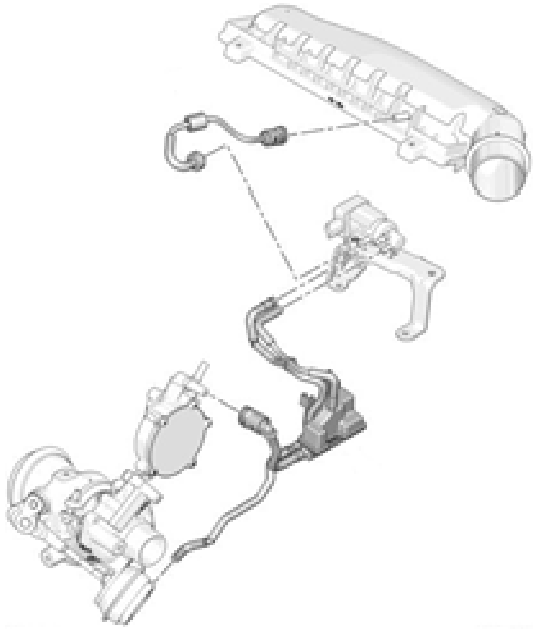
> 1978 : Application de l'antiblocage de roue sur un véhicule de série.

> 2001 : Première voiture française équipée d'un ESP

Freinage : Assistance et CO2.

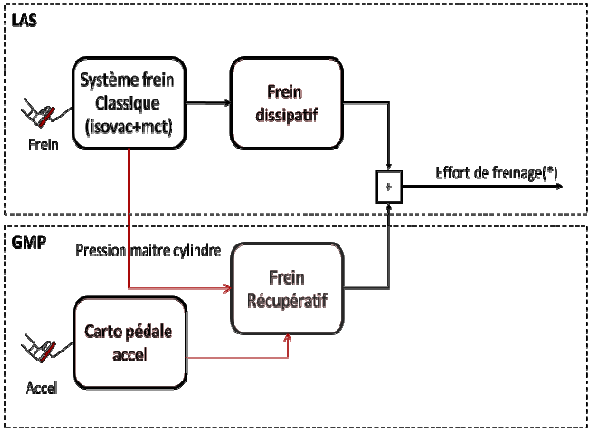
- **Enjeux d'une pompe à vide d 'assistance :**
  - **PAVA + 15 à 20 € PRF et + 1 g de $C0_2$.**
  - **PAVE +60 à 80 € PRF et 0,1 g de $C0_2$.**

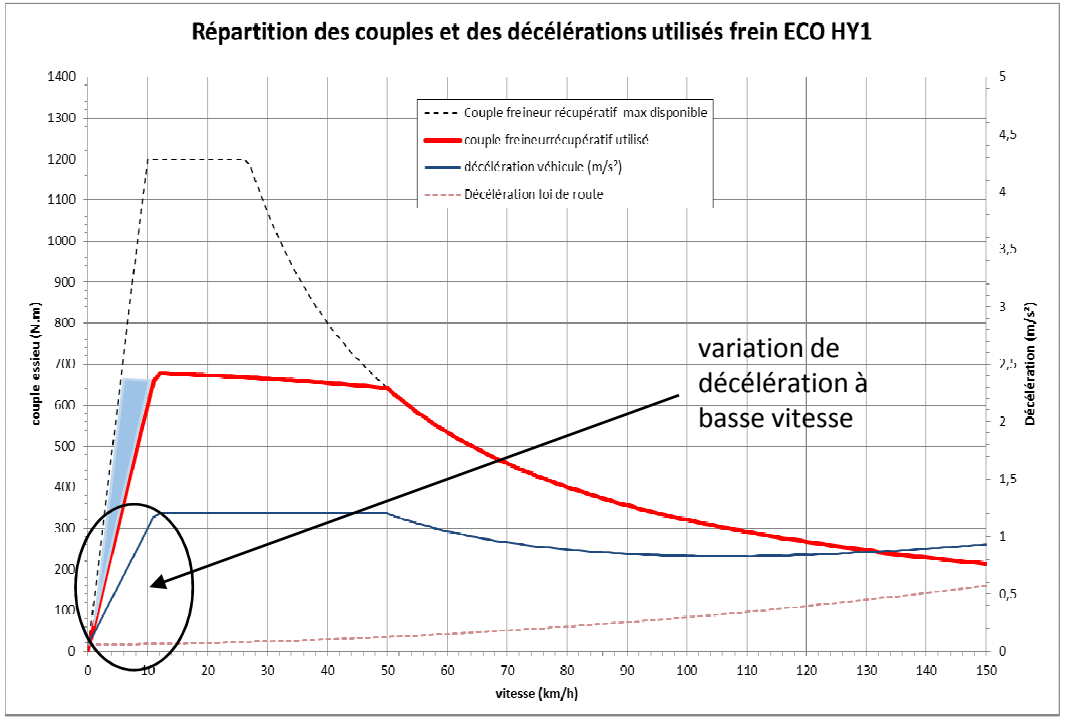
- **Synthèse Interprestations :**
  - **Sécurité = Le freinage.**
  - **Agrément = Le brio GMP et la disponibilité de climatisation.**



Freinage Récupératif simple en Lever de Pied.

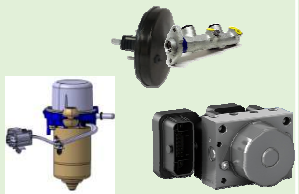
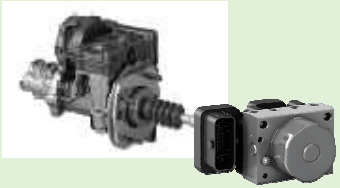
- **Architecture fonctionnelle ESP / GMP** :
  - Le GMP applique le couple récupératif en lever de pied et en freinage (en parallèle du frein dissipatif).
  - L'ESP intervient en tant que superviseur de stabilité .





Zone de couple récupératif non utilisée :
=> Compromis agrément (variation de décélération) / récup d'NRJ

Architecture Freinage : Synthèse des Performances.

Use case / *Techn. Benefit*	Conventional	2 Boxes	1 Box
ICE / *Feeling*	★	★★	★★
EV + PHEV / *Regeneration*	★	★★	★★
ACC,AD L3, AEBS/ *Control*	★	★★	★★★
AEBS critical users /*TTL*	○	★	★★
AD L4 / *Redundancy*	○	★	?
	 **Vacuum Booster, Vacuum Pump / ESC**	 **Electric /Hydraulic Booster + ESC**	**Decoupled Pedal, ESC**