

## LA DEPOLLUTION.

Pour répondre aux différentes normes antipollution, différentes actions sont nécessaires. Les actions menées se posent à plusieurs niveaux :

### ? La formation du mélange et le déclenchement de la combustion.

- La composition des carburants (volatilité, additifs...)
- Précision du dosage (adapté au point de fonctionnement du moteur )
- La qualité du mélange (vaporisation, homogénéité).
- La maîtrise de l'allumage (avance cartographiée ...).

### ? L'architecture moteur.

- Création de turbulences. ( collecteur, chambre de combustion )
- Allumage (implantation de la bougie, écartement des électrodes, ... )
- Distribution (balayage )

### ? Recyclage des polluants.

- Le recyclage des gaz de carter.
- Le recyclage des vapeurs de carburant dans le réservoir.

### ? Le Post- traitement

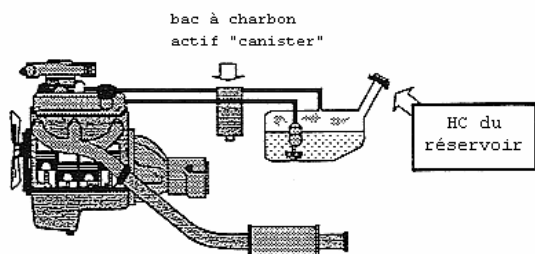
- Le recyclage des gaz d'échappement.
- Catalyse d'oxydation. CO, HC
- Catalyse de réduction NOx
- De Nox : Piège à Nox
- FAP : filtre à particules.
- IAE : injection d'air à l'échappement

	moteur essence	moteur diesel
	X	X
	X	X
	X	
		X
		X
	X	

La suite de notre étude concernera uniquement le recyclage et le poste traitement des différents polluants.

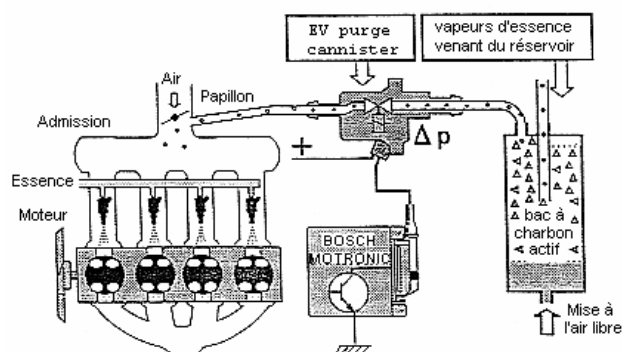
## 1 SYSTEME DE RECYCLAGE DES VAPEURS D'ESSENCE.

Pour éviter le rejet extérieur des vapeurs d'essence du réservoir, celles-ci sont piégées par un bac à charbon actif "canister", puis réinjectées dans la tubulure d'admission.



Moteur en marche, la vanne de régénération est pilotée par le calculateur, cela permet de recycler les vapeurs d'essence piégées par le canister.

La régénération s'effectue dans des conditions bien définies pour ne pas perturber la richesse du mélange et le fonctionnement moteur.



## 2 SYSTEME DE RECYCLAGE DES GAZ D'ECHAPPEMENT.

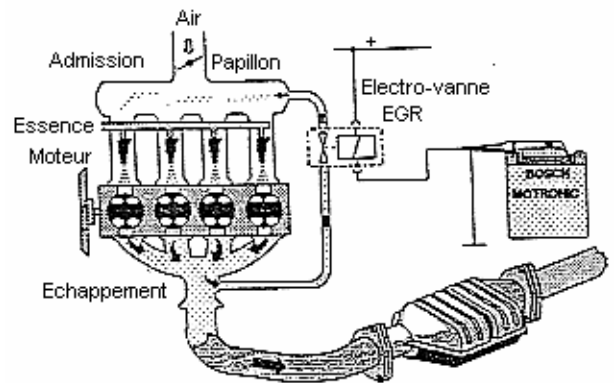
La recirculation des gaz d'échappement (E.G.R.) permet de **réduire les émissions de NOx** dans les gaz brûlés dans les fonctionnements moteur chaud, faible charge.

La réintroduction de gaz d'échappement dans les gaz frais diminue la température de combustion et permet d'abaisser d'environ 30% la production de NO. Dans les gaz d'échappement.

Le taux de recyclage pourra être variable selon le type de pilotage de la vanne (tout ou rien, pilotée).

Rq: pour diminuer les Nox on peut également diminuer l'avance à l'allumage, réduire le rapport volumétrique du moteur ou d'utiliser un pot catalytique.

Ces mesures, présentent les désavantages d'augmenter la consommation et de diminuer la puissance.



## 3 LE POT CATALYTIQUE.

Il est constitué d'un bloc de céramique en nid d'abeilles enveloppé d'une tôle d'acier ou chrome-nickel. Ce bloc, traversé par une multitude de microscopiques canaux, est enduit d'une fine couche de métaux précieux (platine, rhodium, palladium). La quantité de métaux précieux déposée, détermine le niveau de dépollution du pot catalytique. La surface de traitement du catalyseur est calculée en fonction de la cylindrée du moteur.

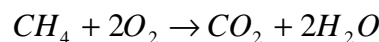
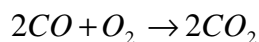
### 3.1 Principe de la réaction catalytique.

La catalyse est l'action de certains corps (composés catalytiques), dont la seule présence déclenche une réaction chimique exothermique (avec dégagement de T°). Ces corps ne sont ni consommés, ni modifiés au contact de cette réaction.

En automobile, on utilise deux processus chimiques opposés : **L'oxydation** et la **réduction**.

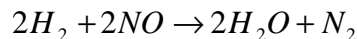
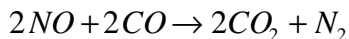
#### ➤ Les catalyseurs à oxydation.

L'oxydation consiste à utiliser l'oxygène présent dans les gaz d'échappement pour que les composés catalytiques (Platine, Palladium) puissent transformer chimiquement le CO en CO<sub>2</sub> et les HC en CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O



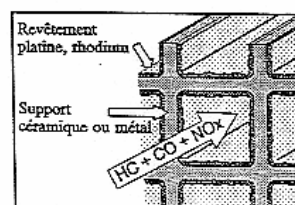
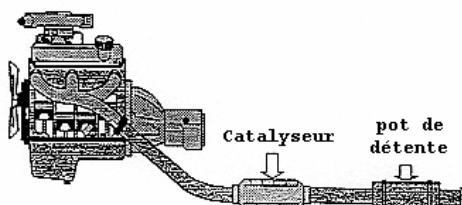
#### ➤ Les catalyseurs à réduction.

La réduction consiste à faire réagir l'hydrogène et le CO avec les NO pour les transformer en N<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O en utilisant le Rhodium.



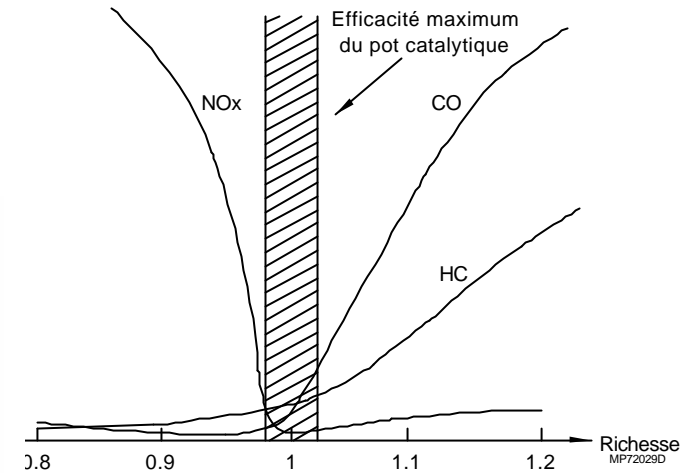
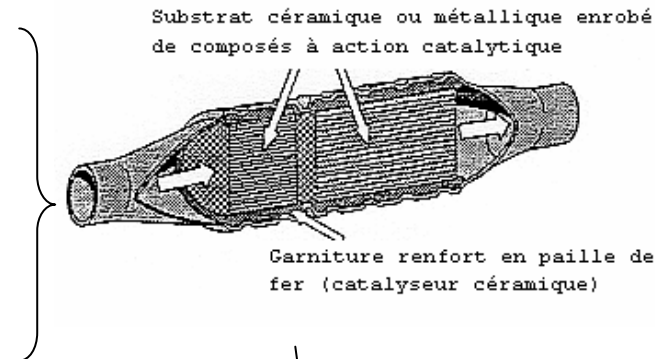
### 3.2 Le catalyseur trifonctionnel.

Les catalyseurs modernes des véhicules à allumage commandé utilisent un seul catalyseur d'oxydo-réduction nommé catalyseur 3 voies ou catalyseur trifonctionnel.



### 3.3 Action du pot catalytique "Trifonctionnel"

Emission des polluants en fonction de la richesse du mélange AIR/ESSENCE avant le pot catalytique.



Emission des polluants en fonction de la richesse du mélange après catalyse. Plus **CO<sub>2</sub>** Elevé ≈15%, **N<sub>2</sub>**, **H<sub>2</sub>O** Et de très faible quantité de :  
 CO ≈ 0, au ralenti <0,5% (Norme)  
 HC < 50 ppm, maxi 100 ppm au ralenti Norme  
 O<sub>2</sub> très proche de 0%

Attention d'autres gaz sont également présents : les gaz d'échappement : CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O.

#### Céramique

Surface développée ≈ 5 m<sup>2</sup>  
 T fusion ≈ 1450°C  
 Les canaux mesurent 1,1 mm de côté.

#### Wash coat

**Fonction :** Recouvrir le bloc de céramique d'une couche spongieuse de quelques 1/100<sup>e</sup> pour augmenter considérablement la surface active.

**Caractéristiques :** Epaisseur ≈ 20 μm  
 Surface totale : 30 000 m<sup>2</sup>

#### Matières actives

Platine Pt 20 €/g en 2000  
 Palladium Pd 23 €/g  
 Rhodium R 70 €/g  
 1,05 g/l < poids total < 1,4 g/l  
 tailles des cristallites 0,2 à 2 nm



#### Efficacité du pot catalytique :

Efficacité (E) =  

$$100 \times \frac{\text{concentration avant} - \text{concentration après}}{\text{concentration avant}}$$

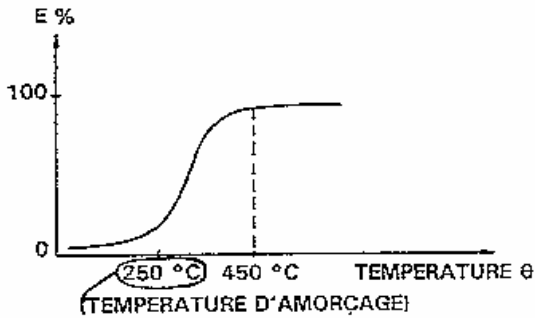
**exemple CO avant = 2 CO après = 0,2**

**E = 100 × 1,8 / 2 = 90 %**



### 3.4 Conditions de fonctionnement du pot catalytique trifonctionnel.

➤ L'efficacité dépend de la température :



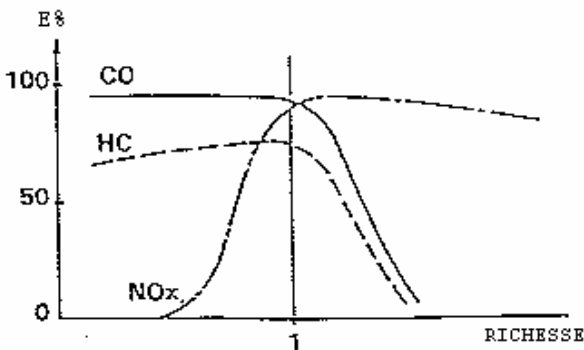
Le rendement du catalyseur de 50% est atteint en 30s à 1min30 en été et en 1min30 à 2min30 en hiver.

Une température minimale des gaz (350°C) doit être atteinte rapidement au démarrage.

Rq : Efficacité à froid très faible.

Pour améliorer le temps de réponse du catalyseur, on installe des échappements à doubles parois, on peut également dégrader la combustion ou réaliser une Injection d'air à l'échappement.(voir ci après)

➤ L'efficacité dépend fortement de la richesse du mélange :



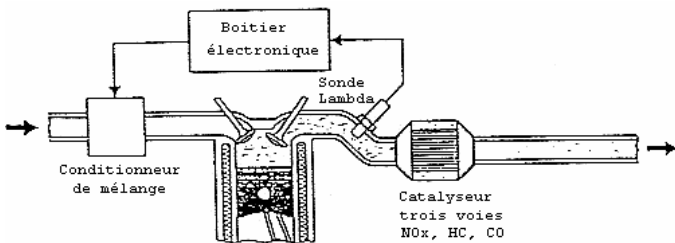
Pour obtenir une efficacité optimale (normes) il est nécessaire de maintenir une richesse très proche de 1 :

Le pot catalytique impose un système d'injection régulée

L'utilisation du pot catalytique impose l'utilisation d'essence sans plomb, le plomb détruit la catalyse très rapidement.

La régulation lambda permet de maintenir une richesse du mélange, dans une fenêtre bien déterminée très proche de 1 (efficacité maximale, du pot catalytique).

Pour en savoir plus sur la régulation et la sonde lambda : Voir cour sur la régulation de richesse



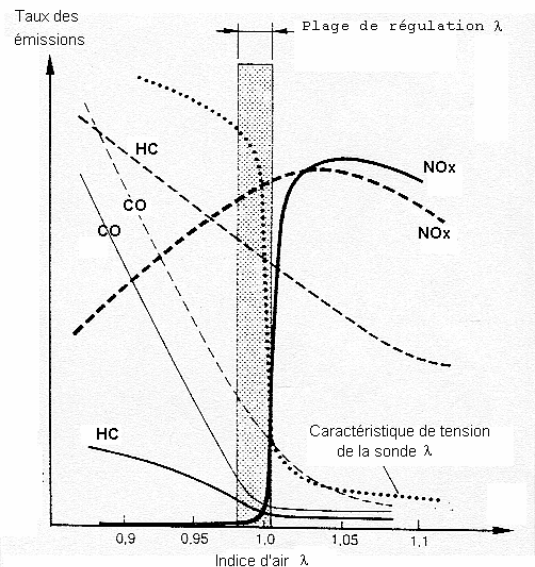
La régulation ne fonctionne que :

- moteur chaud,
- dans les faibles charges ralenti & charges partielles

Elle est donc inactive :

- moteur froid
- à pleine charge.
- en phases transitoires (accélération, décélération)
- au démarrage.

### 3.5 Efficacité du pot catalytique.



## 4 L'INJECTION D'AIR A L'ECHAPPEMENT (IAE) ou injection d'air secondaire

### 4.1 But

Le but est de traiter les polluants le plus rapidement possible et donc d'arriver à la température minimale de fonctionnement du pot catalytique le plutôt après le démarrage du moteur.

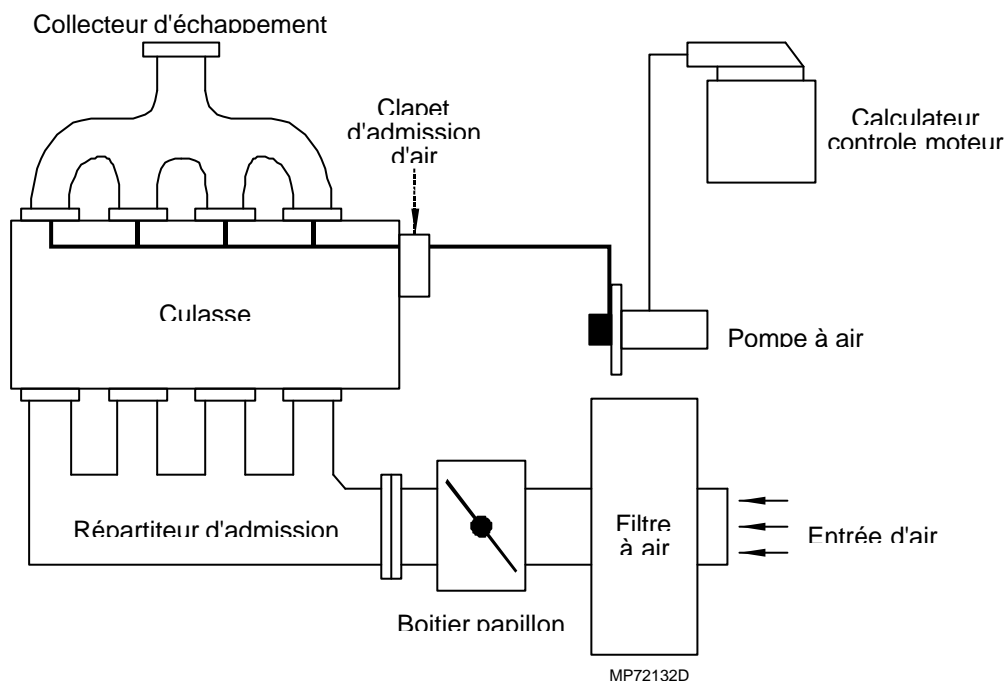
La solution consiste à déclencher une combustion dans le pot catalytique. Elle commence en aval des soupapes d'échappement et se prolonge en majeure partie dans le catalyseur car elle y est favorisée par l'oxydation due aux métaux précieux.

COMBUSTION = COMBURANT  $\Rightarrow$  Insuffler de l'air pur à l'aide d'une pompe électrique.

+ CARBURANT  $\Rightarrow$  Aussi longtemps que la fonction insufflation d'air est active, provoquer un enrichissement très important au niveau de la chaîne de calcul du temps d'injection.

Nota : Cette post combustion n'endommage pas le catalyseur car celui-ci n'est pas encore suffisamment chaud lorsqu'elle se déroule.

### 4.2 Circuit d'insufflation d'air



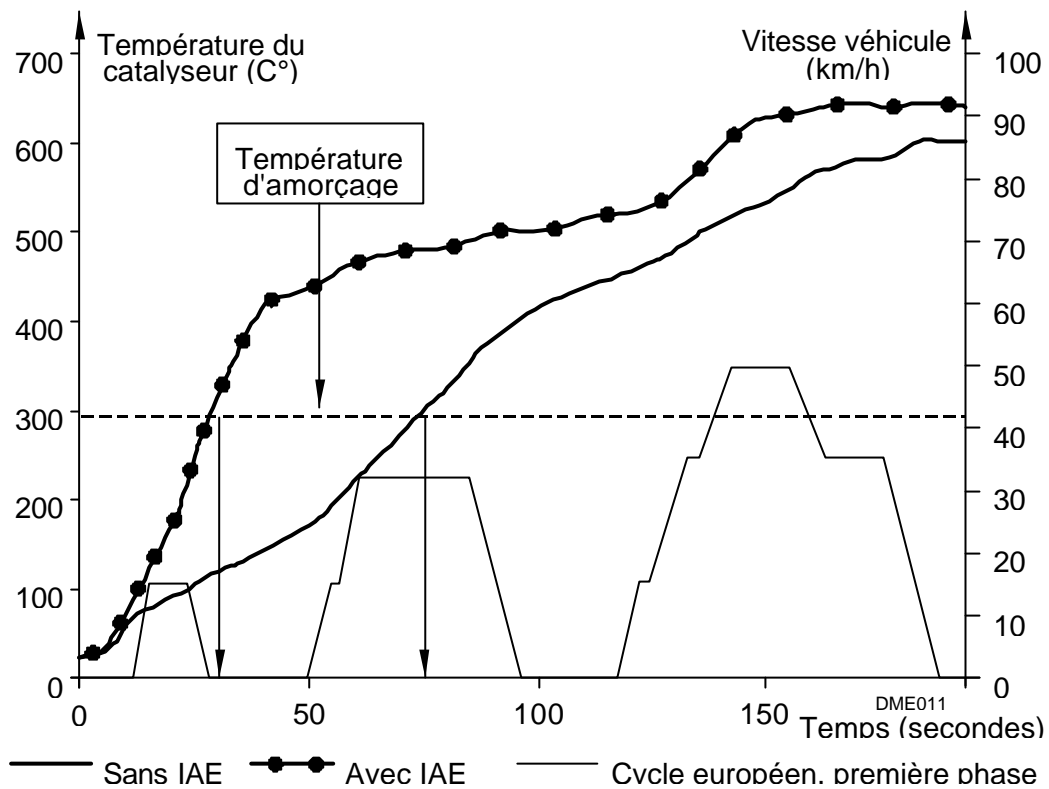
### 4.3 Stratégie

Le boîtier contrôle moteur pilote une pompe électrique en fonction de  $T^{\circ}$  eau,  $\alpha$  pap et N.

Elle est activée entre 18 et 32°C de température d'eau, dès la sortie du démarrage pendant 45 secondes (+ 30% de carburant),

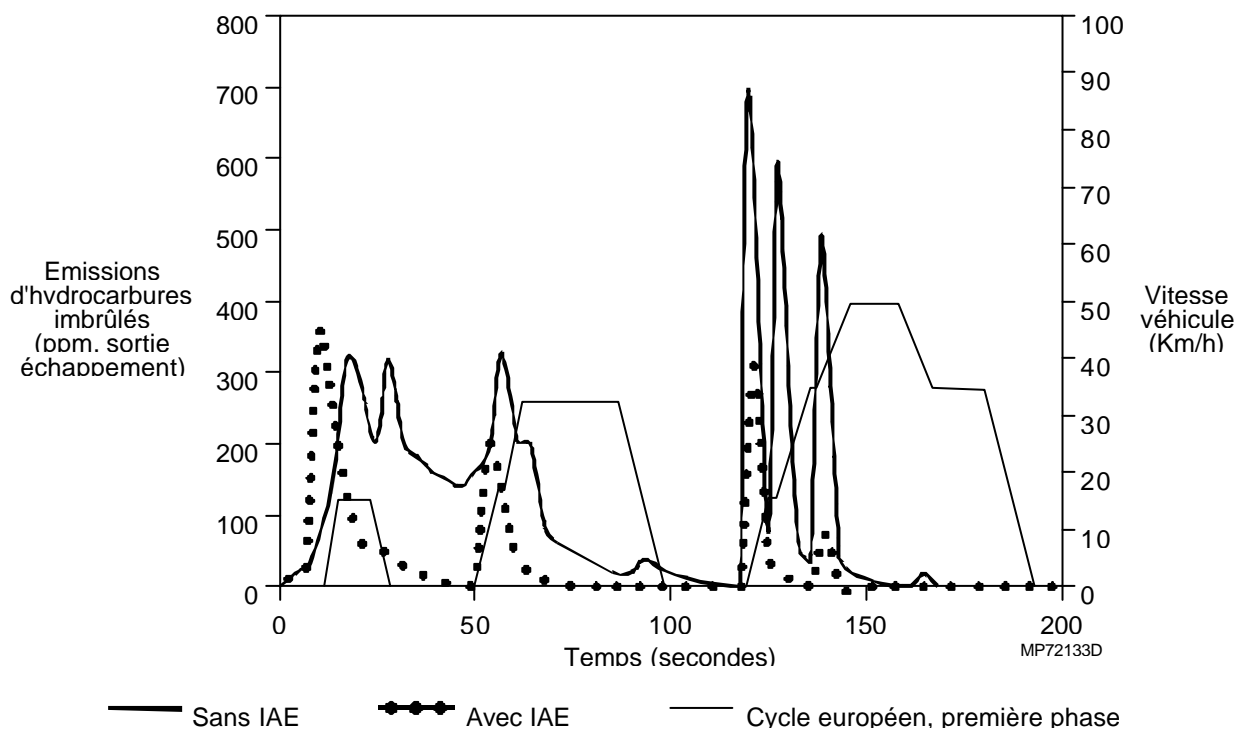
Elle est également activée systématiquement pour une température d'eau de - 40° à + 40°C dès la sortie démarrage pendant 3 secondes, dans le but de dégripper la pompe et le clapet. On stoppe la fonction pour  $\alpha$  papillon > 20° ou N > 2320 tr/mn (sécurité température catalyseur).

#### 4.4 Effet sur le temps d'amorçage du catalyseur



**Attention :** Avec l'IAE, on atteint une température de catalyseur de 400°C 70 à 80 secondes plutôt que sans l'IAE.

#### 4.5 Effet sur les émissions d'hydrocarbures imbrûlés



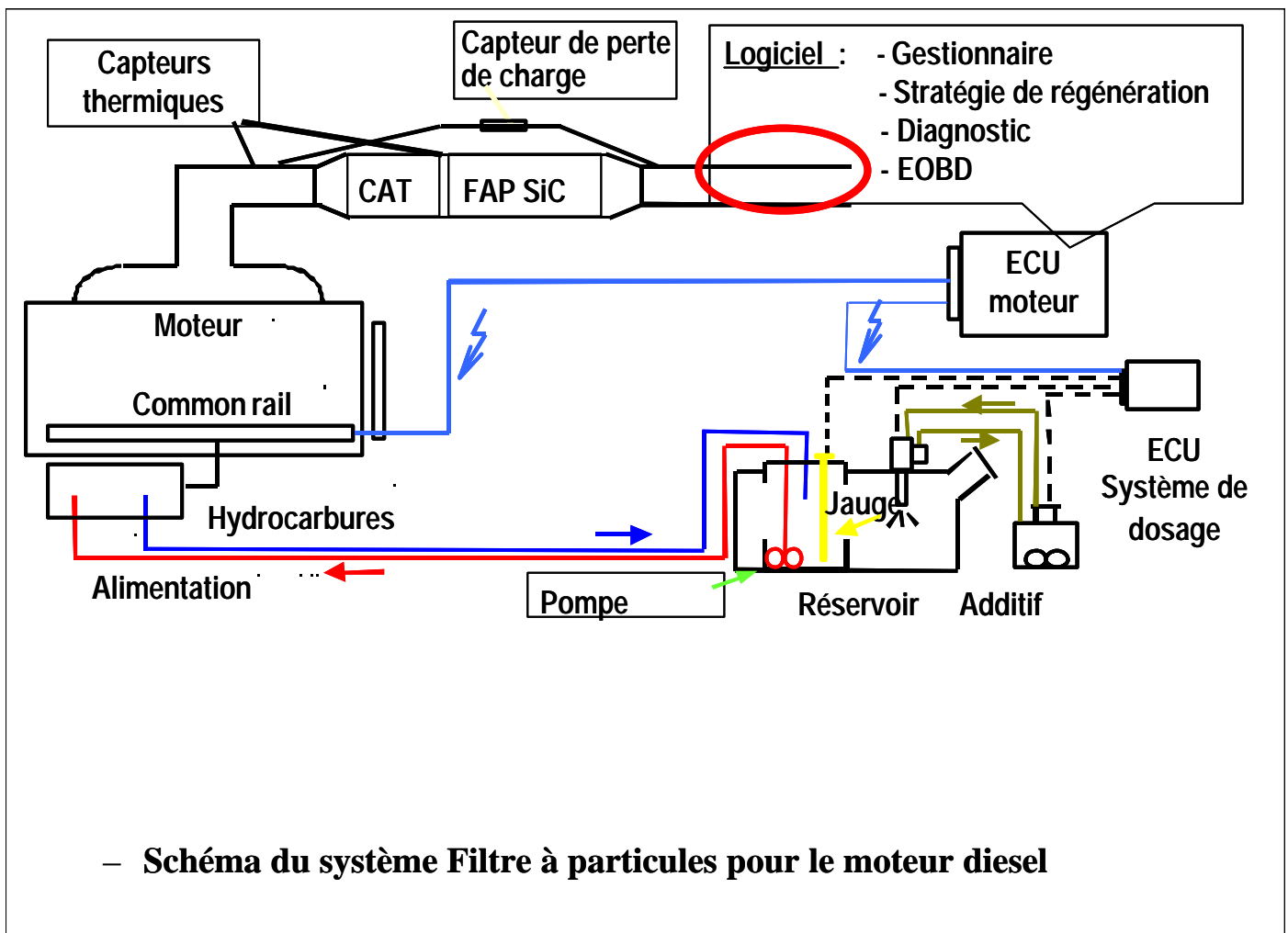
## 5 LE FILTRE A PARTICULE

sur un moteur diesel à injection directe "common rail"

### 5.1 Origine des particules

- Processus de combustion : Conception de la chambre de combustion, turbulence, pression d'injection et diamètre des trous, rapport d'injection...
- Qualité du carburant diesel : Un indice de cétane naturellement élevé et peu de composants poly aromatiques réduisent le nombre des précurseurs de particules de carbone et donc la quantité totale de particules
- Teneur en soufre du carburant.
- Dispositifs de post traitement : Les catalyseurs à oxydation réduisent les particules, mais produisent des sulfates lorsque les gaz d'échappement sont à haute température.

### 5.2 Principe de régénération des particules



### 5.3 Unité d'aditivation :

Petit réservoir spécial équipé d'un capteur,

Injecteur et régulateur placé dans le réservoir principal à carburant.

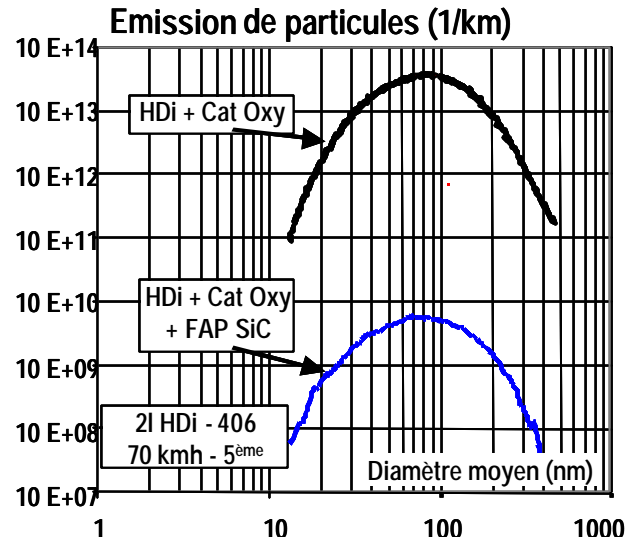
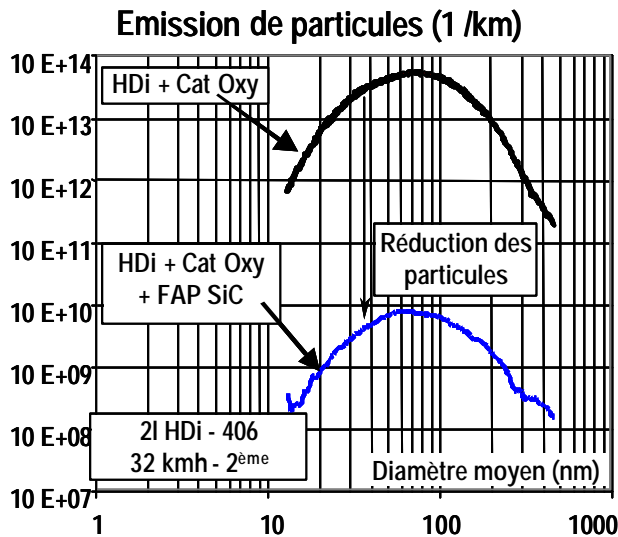
Petite ECU reliée aux ECU du véhicule et du moteur, et chargée de :

- Détecter l'introduction de carburant dans le réservoir principal et d'injecter l'additif en fonction du traitement à effectuer
- Signaler à l'ECU du moteur la quantité d'additif ajoutée
- Informer le conducteur de la nécessité de refaire le plein d'additif
- Effectuer le diagnostic du système



## 5.4 Performance

### – Réduction par le filtre des particules émises par une 406 - 2l Hdi 32 kmh 70 kmh

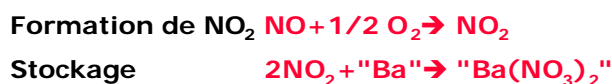
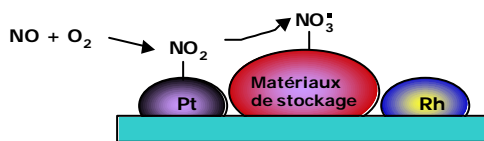


## 5.5 Maintenance

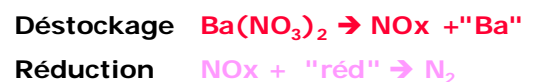
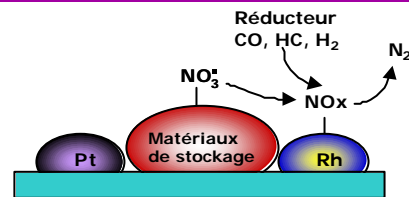
Tous les 80 000 km : faire le plein du réservoir d'additif et nettoyer le filtre des résidus de sérine, des cendres de l'huile de lubrification et d'autres composants anorganiques  
La procédure de nettoyage utilise une méthode à contre-courant avec injection d'eau et d'air à haute pression. Elle prévoit également de recycler les résidus.

## 6 LE PIEGE A NOX : PRINCIPE

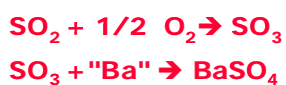
**MELANGE PAUVRE (60s)  
→ STOCKAGE NOx**



**EXCURSION RICHE (2s)  
→ DESTOCKAGE ET TRAITEMENT**



**EN PRESENCE DE SOUFRE**



**EMPOISONNEMENT DU CATALYSEUR PAR  
FORMATION DE SULFATE DE BARIUM STABLE**

**NECESSITE REGENERATION A HAUTE TEMPERATURE  
(température ~ 650°C) ET R>1**

**CONSOMMATION**