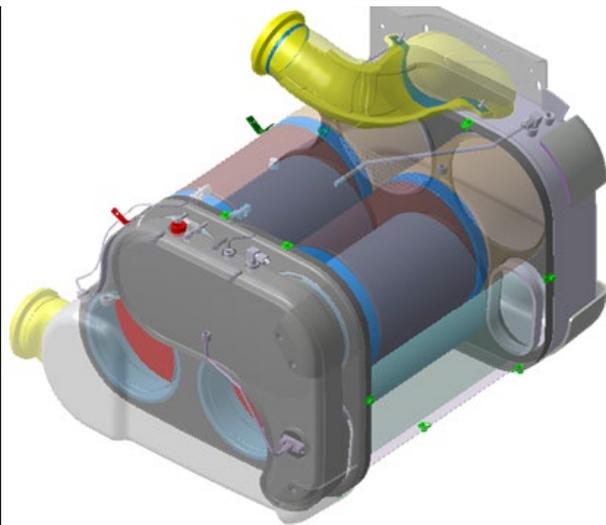
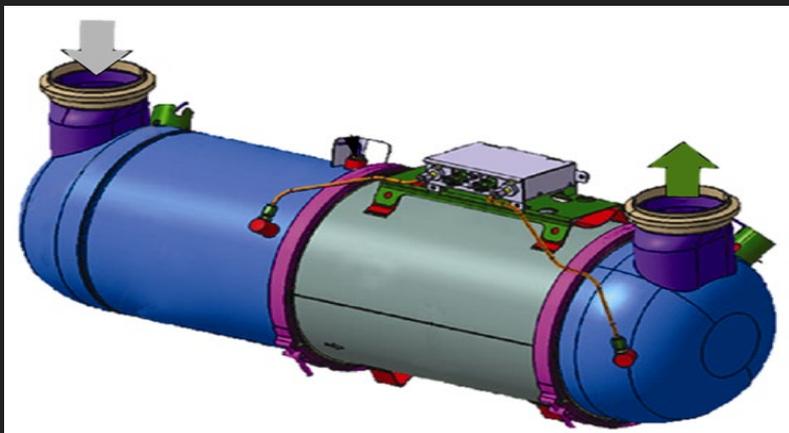
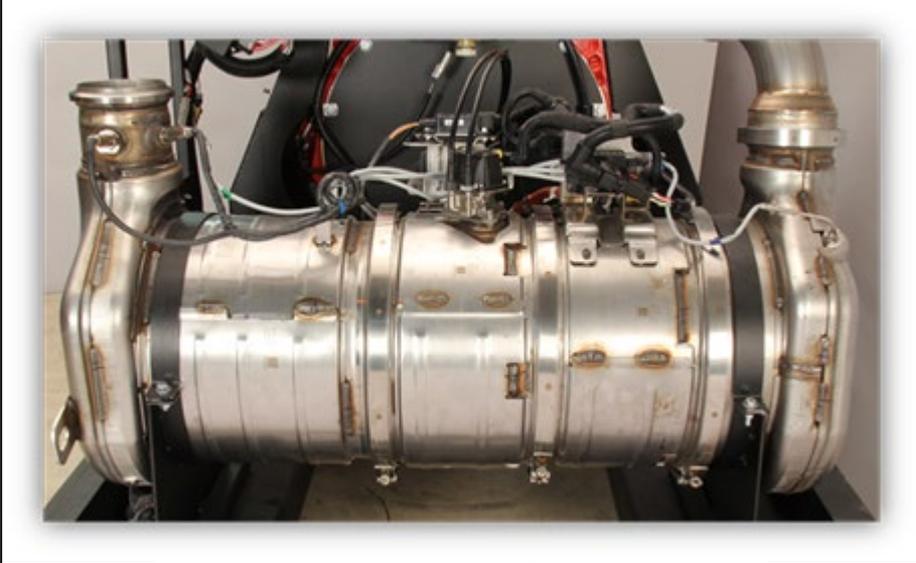


# Systemes anti-pollution

Module 20

Par: Mathieu Primard &  
Yanik Corbeil





# Les principaux polluants d'un moteur Diesel:



# NOx (Oxyde d'azote)

- Est le produit de l'oxydation de l'azote de l'air ou du carburant avec l'oxygène de l'air ou du carburant dans des conditions de température élevée.
- Résulte de la chaleur produite dans la chambre de combustion.
- C'est un polluant responsable de l'accroissement de l'effet de serre.
- Il est à l'origine de troubles respiratoires graves.



# Les particules (PM)

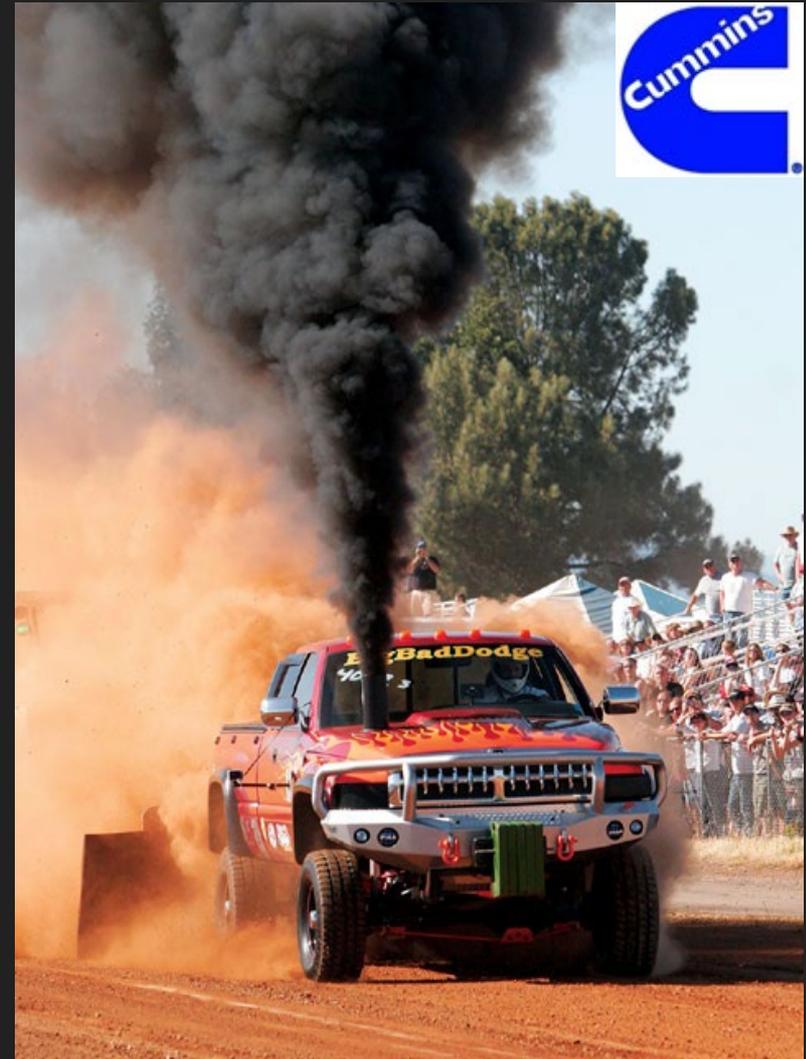
- Les particules sont les résidus de combustion tels que:

Carburant mal brûlé

Huile

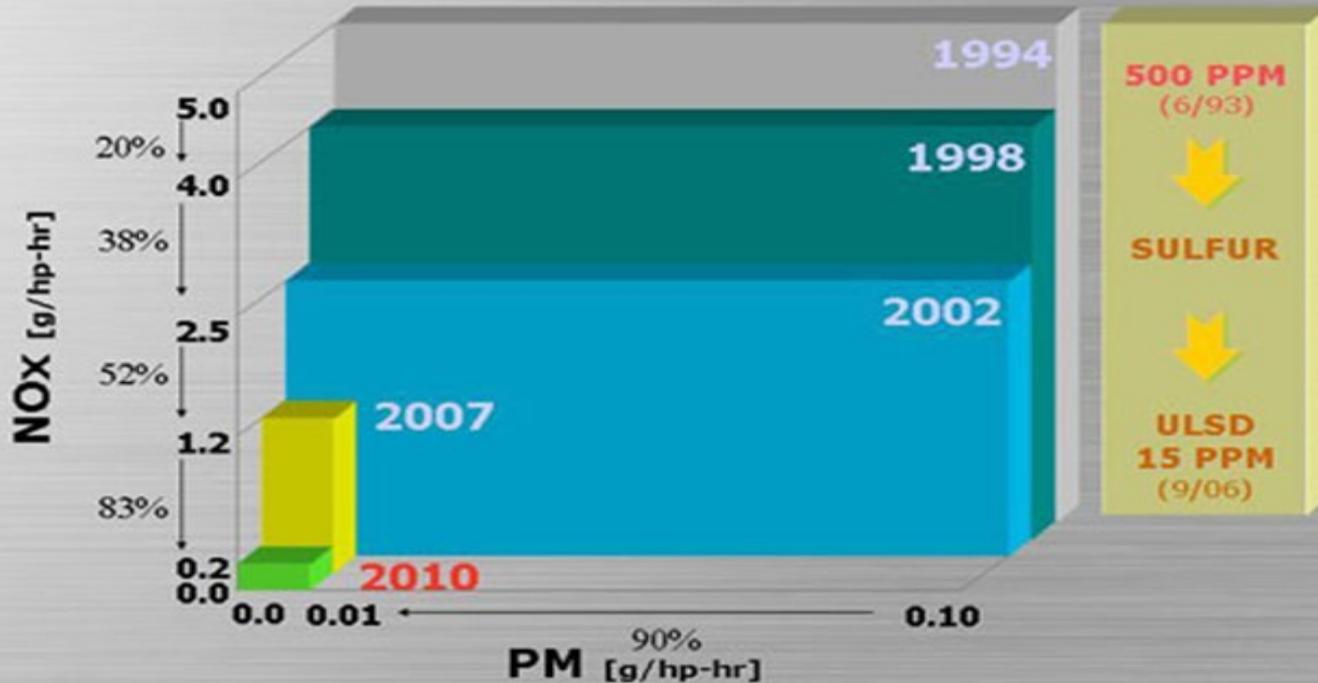
Additifs de carburant

- Produit de la cendre et de la suie
- Fumée noire



# Normes EPA: (environmental protection agency)

## Emission Regulations



# 2002 à 2006

## Normes EPA04

Taux de NOx = 2,5 g/ch-h

Taux de PM = 0,10 g/ch-h

## Pour atteindre ce but:

Recirculation des gaz d'échappement refroidis (EGR)

Turbocompresseur à géométrie variable

Catalyseur (DOC) sur certains modèles.

# Recirculation des gaz d'échappement:

**Abaissier la température de combustion**

**Composantes supplémentaires:**

Valve egr

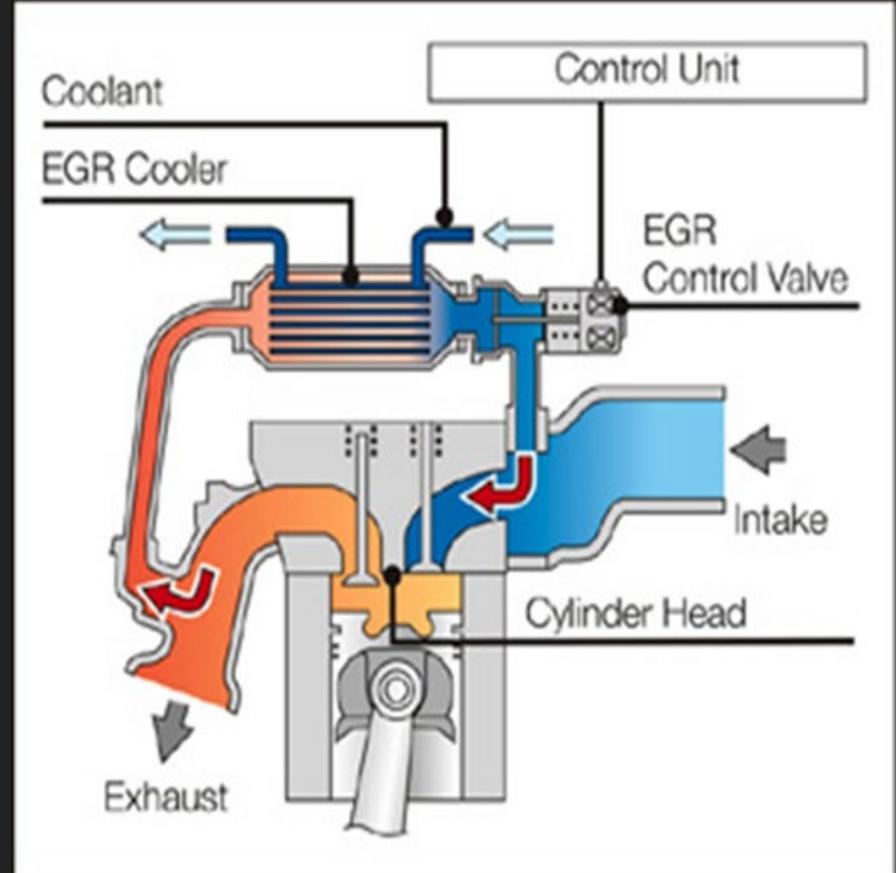
Cooler egr

Mélangeur (mixeur)

Capteur de pression différentiel (delta)

Capteur de pression des gaz d'échappement

Capteur de température du cooler egr



Adopté par la majorité des constructeurs de moteurs:



# Cooler EGR:

## EGR Cooler Flow Chart

Exhaust out  
returning to  
Intake Manifold



Coolant to Intake



Coolant from Oil Cooler



From  
Exhaust  
Manifold



Exhaust in  
from Manifold  
tee connection



To Turbo

# Turbocompresseur à géométrie variable (VGT)

Augmentation du volume d'air dans les cylindres.

Permet plus de boost à bas régime.

Contribue à augmenter la restriction dans le collecteur d'échappement.





**HOLSET**<sup>®</sup>  
TURBOCHARGERS

# Caterpillar ACERT:

**ACERT:** (Advanced Combustion  
Emissions Reduction Technology)

VVA: (Variable Valve Actuator)

Double turbocompresseur

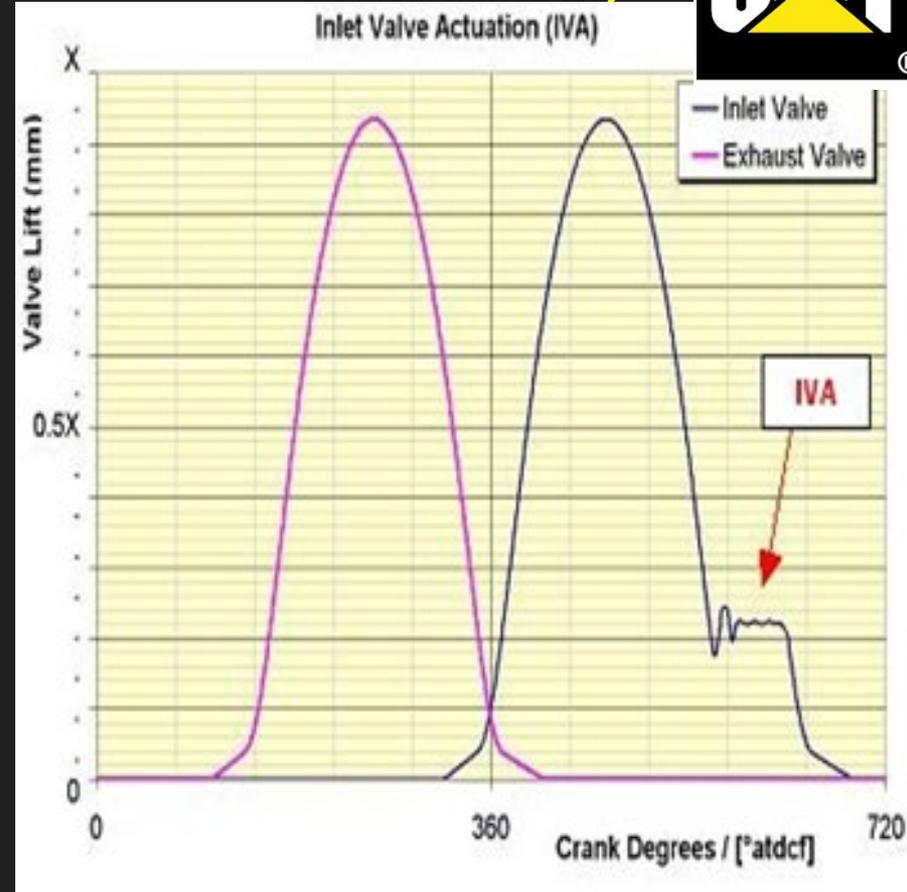
Catalyseur



# VVA (Variable Valve Actuator):



- Ou IVA (Intake Valve Actuator)
- Augmente la durée de la valve d'admission sous certaines conditions afin de réduire la température de combustion.
- Les deux turbos en série assurent l'apport d'air adéquat et permettent un boost à plus bas régime.
- Le catalyseur fini de brûler les Nox restant. (EPA04)





# 2007-2010 (EPA07)

- Réduction de 90% des émissions de NOx et de PM par rapport aux normes de 2004.

Taux de NOx = 1,2 g/ch-h.....(2,5- 2004)

Taux de PM = 0,01 g/ch-h.....(0,10 -2004)

- Baisse du taux de soufre dans le diesel de 500 ppm à 15 ppm

L'EPA 07 a permis une réduction progressive des taux de NOx de 2007 à 2009.

Les gaz de carter (blow-by) sont pris en compte

# Comment atteindre ce but?

## Obtenir une meilleure combustion:

Injection rampe commune (Common rail)

Géométrie de la chambre de combustion

Recirculation des gaz d'échappement refroidis (EGR).

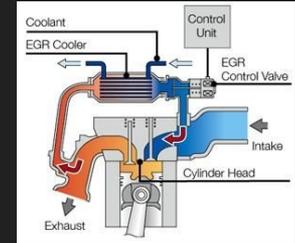
Turbocompresseur à géométrie variable (VGT).

Évacuation des gaz de carter contrôlée (CCV)

## Solution Post-Traitement:

Catalyseur (DOC)

Filtre à particules (DPF)



# Close Crankcase Ventilation (CCV)

Sépare l'huile de la vapeur.

Retourne l'huile dans le carter

Retourne la vapeur dans l'admission.



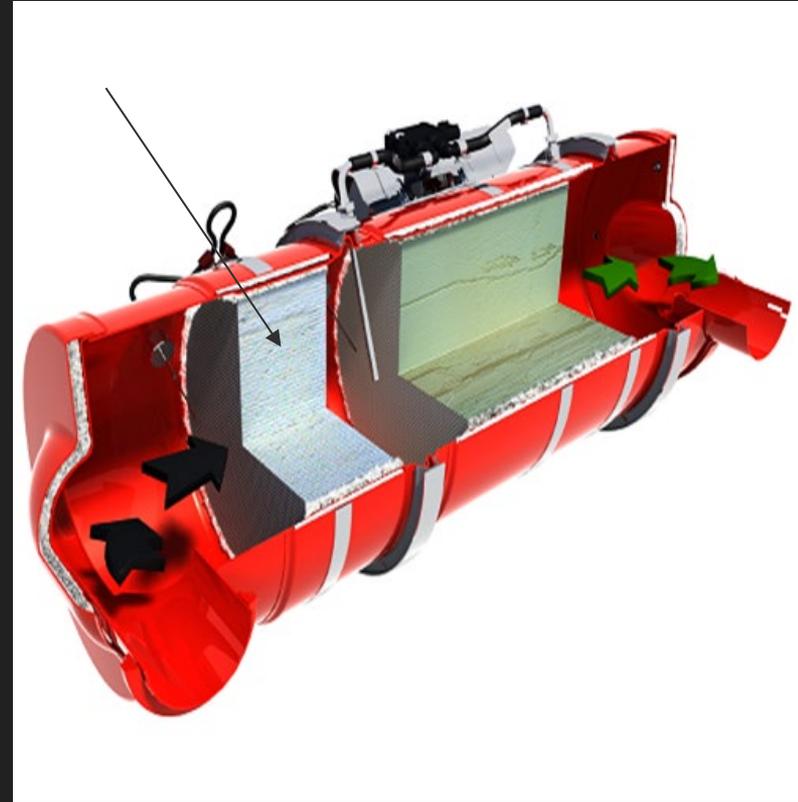


# DOC (Diesel Oxydation Catalyst):

Même principe que sur les véhicules automobiles.

Il emploie une combinaison d'oxydes métalliques communs et de métaux précieux, comme : l'or, l'argent, le rhénium, le rhodium, le palladium, l'iridium, le platine.

Convertie chimiquement les oxydes d'azote en azote gazeux et en vapeur d'eau.

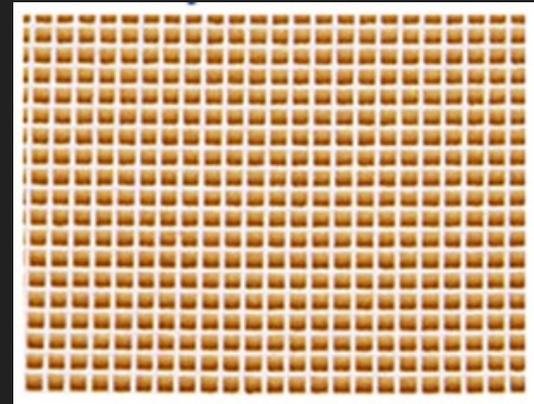


# DOC (suite)

Pour qu'il fonctionne parfaitement, le catalyseur doit être à une température entre 480 et 700°F.

L'oxygène nuit à la réduction de l'oxyde d'azote

En attendant d'avoir les conditions optimales pour faire son travail, le DOC absorbe les oxydes d'azote.

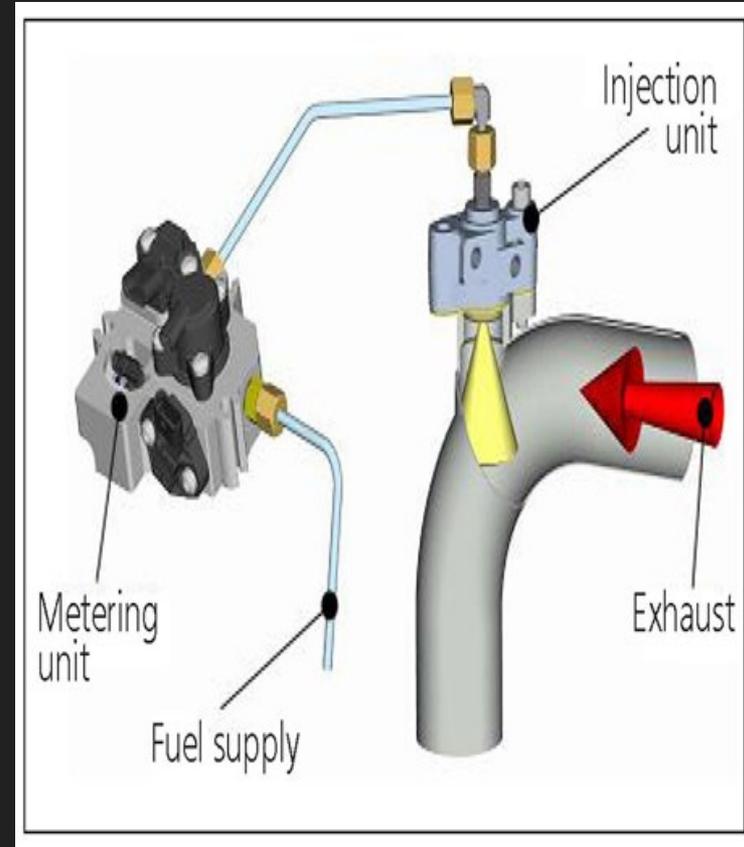


# DOC (suite)

La régénération du DOC nécessite l'élimination de l'oxygène excédentaire dans les gaz d'échappement pendant une courte période de temps.

Cette opération peut s'effectuer en injectant une quantité de carburant dans l'échappement afin de consommer l'oxygène restant et ainsi augmenter la température.

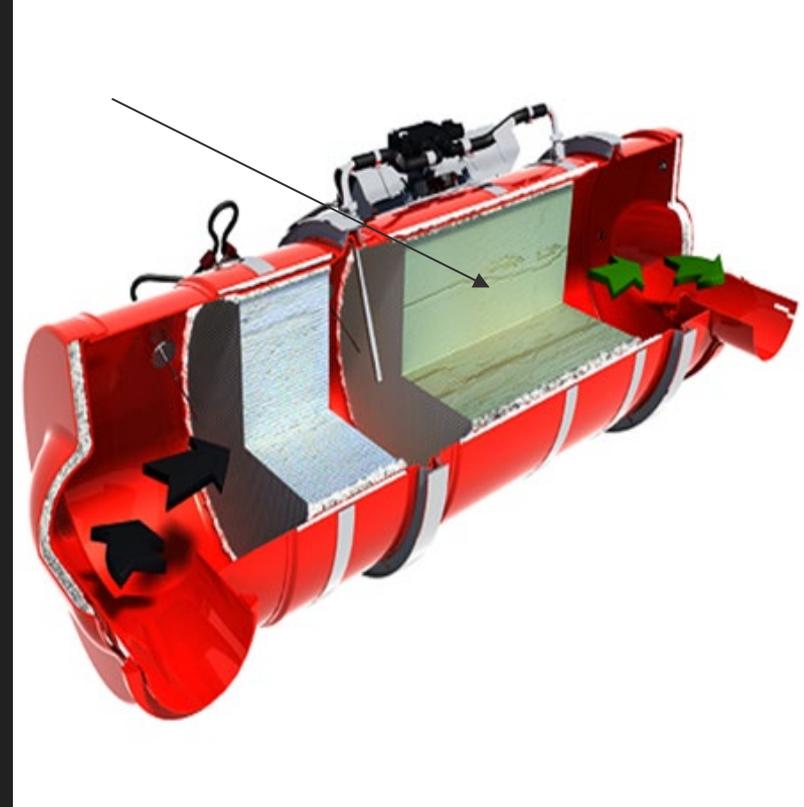
Le dosage et le contrôle du carburant est assuré par l'ordinateur du moteur.



# Filtre à particules (DPF)

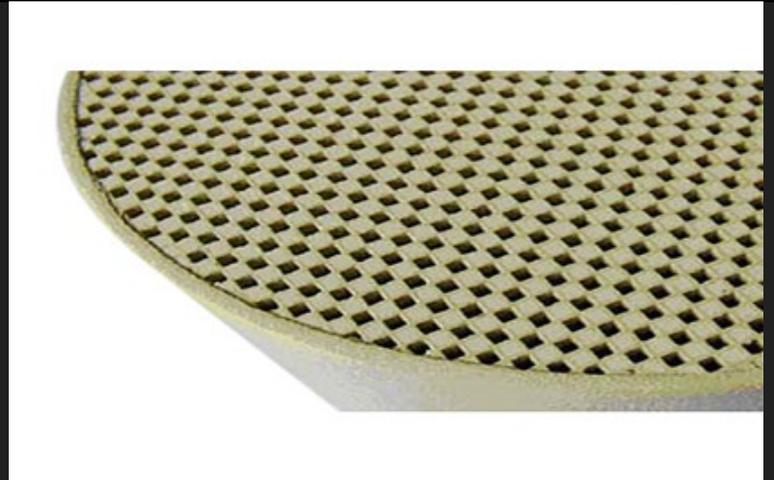
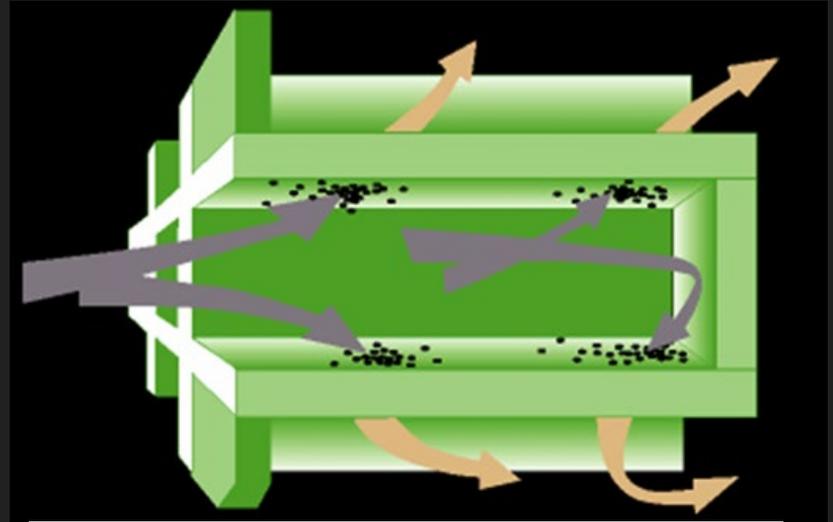
La filtration des gaz d'échappement permet d'en retirer les matières particules microscopiques.

Les particules s'accumulent dans le filtre, lorsque la chaleur est suffisante, une opération de régénération se produit afin d'oxyder les matières particules et de nettoyer le filtre.

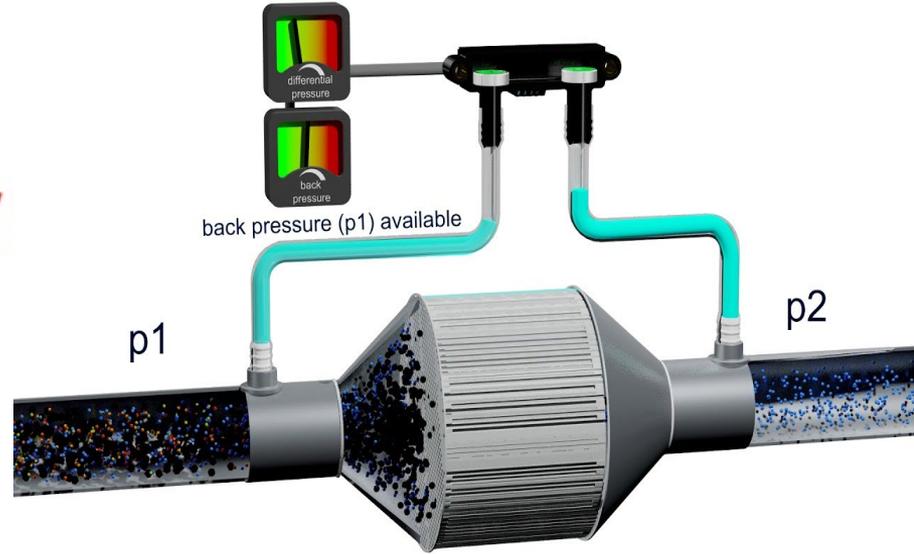
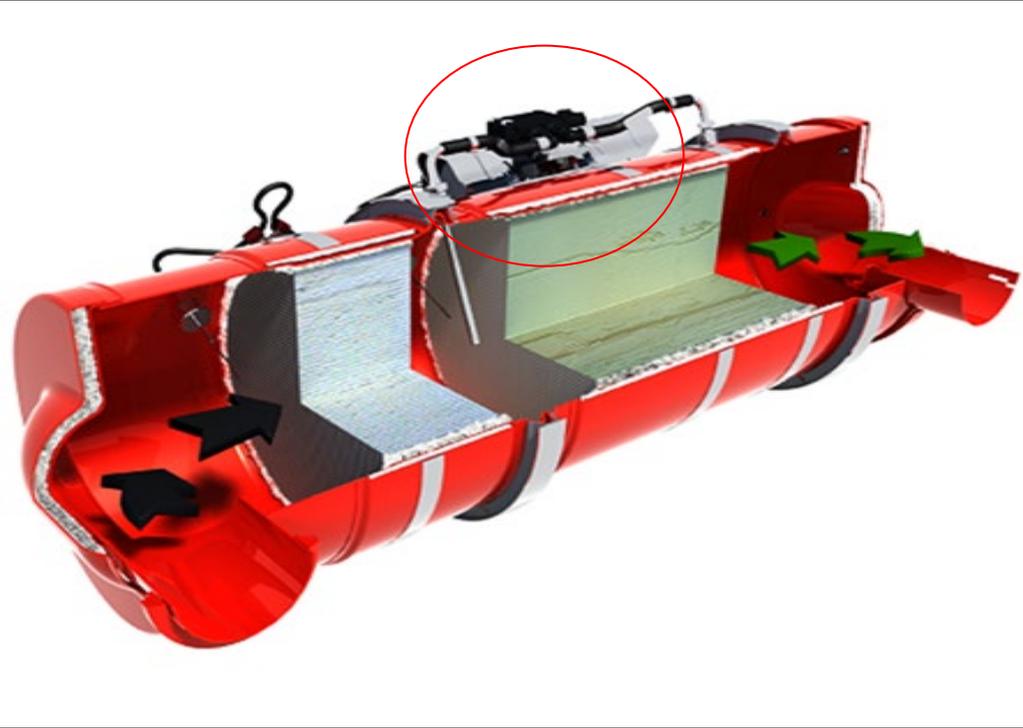


# DPF:

- Les additifs contenus dans l'huile se transformeront en cendre qui risquera éventuellement de colmater le filtre.
- 
- Par exemple: Cummins recommande un intervalle de nettoyage entre 322 000 km et 644 000 km.
- 
- Dépend de l'application



# Capteur de Pression différentiel ( $\Delta P$ )



# Régénération Passive:

- Conditions d'opération normale
- Moteur en opération normale.
  
- La température moteur , la charge et le régime moteur sont adéquats.



# Regénération active:

-Condition d'opération normale ou stationnaire.

(seulement si une régénération passive ne permet pas de diminuer le niveau de suit)

- Valve EGR désactivée.
- Gestion de la température à l'échappement.

(thermal management)

- Injection post-traitement.
- clapet d'admission
- VGT

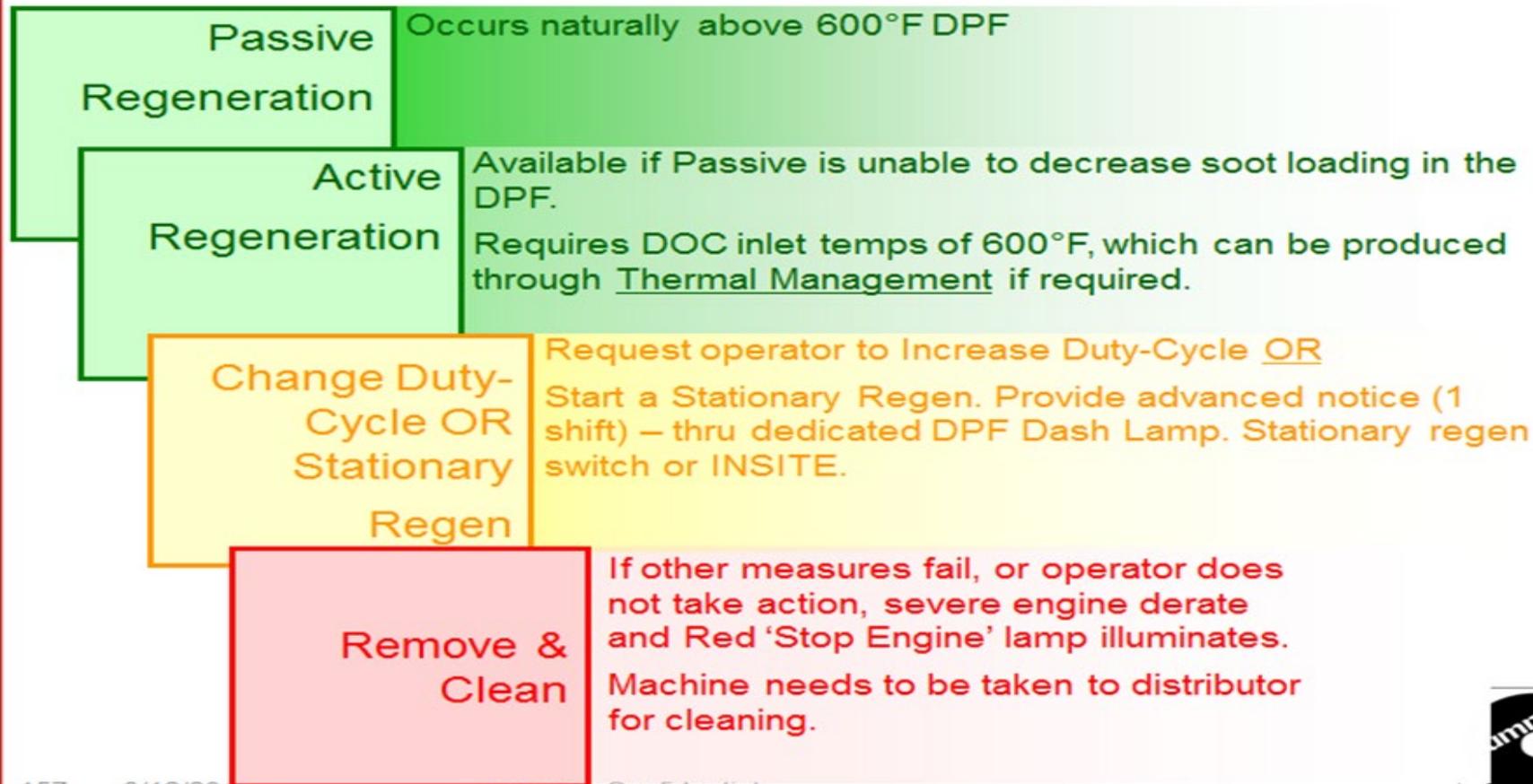


# Régénération Active Stationnaire. (Parked regen)

- Parking brake appliqué.
  - Endroit sécuritaire
  - **Activation de la séquence de régénération manuelle.**
- Augmentation de la vitesse du moteur.
- Gestion de la température à l'échappement.
  - Injection post-traitement.
- (entre 40 min et .....)



# DPF Regeneration Strategy



# EPA07: ce qu'il faut retenir

Recirculation des gaz d'échappement (EGR).

- Turbocompresseur à géométrie variable (VGT).
- Évacuation des gaz de carter contrôlé (CCV)
- Un ensemble de post-traitement d'air qui se compose de :
  - DOC (catalyseur d'oxydation) et d'un DPF (filtre à particule diesel) avec :

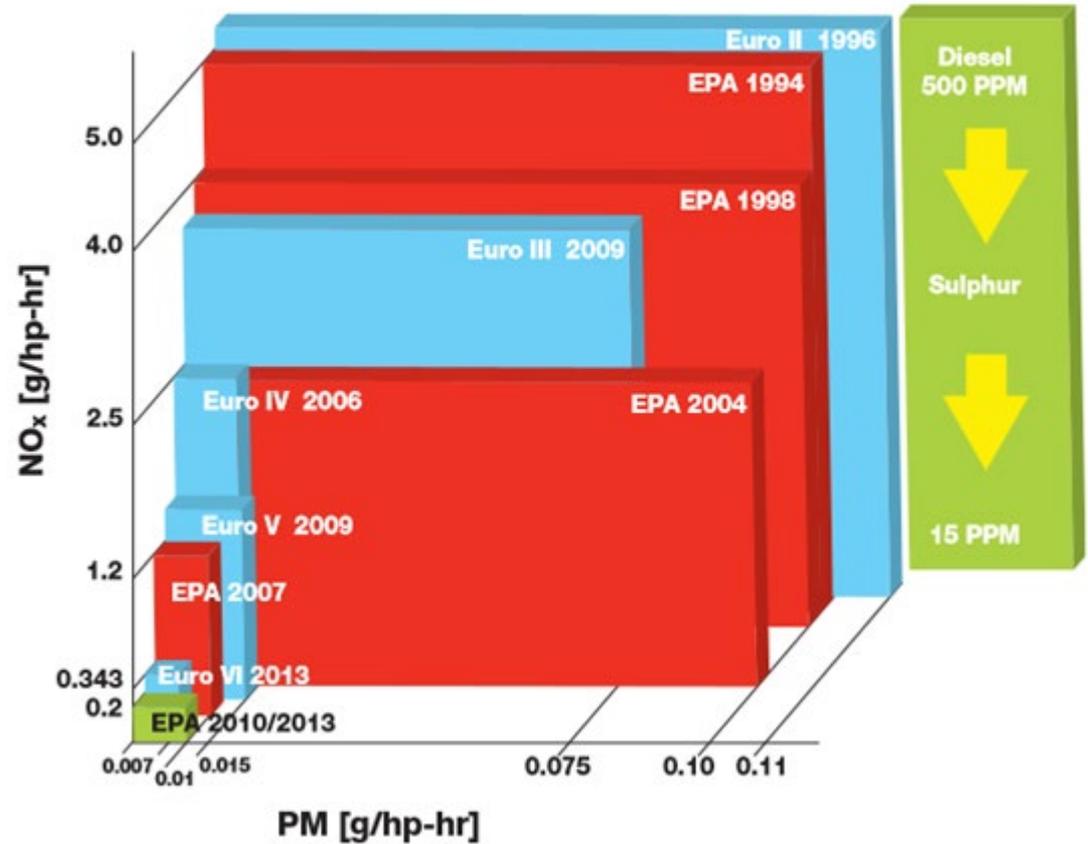
3 sondes températures: DOC IN, DOC OUT (ou DPF IN), DPF OUT

1 ou 2 sondes pression : DPF IN, DPF OUT

# EPA10-13

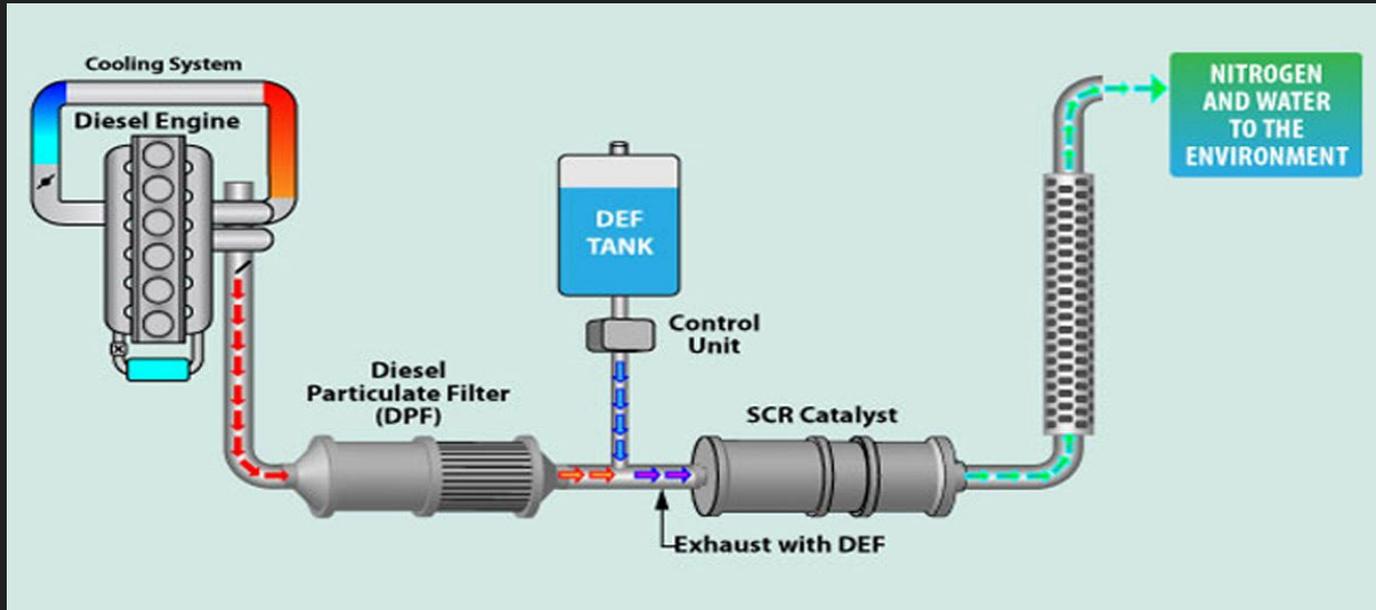
- Taux de NO<sub>x</sub> = 0,2 g/ch-h (1,2- 2007)
- Taux de PM = 0,01 g/ch-h (0,01 -2007)

## On-Highway Emissions Evolution.



# Comment atteindre ce but?

- En ajoutant le système SCR :
- (Selective catalytic reduction)



# SCR (Selective catalytic reduction)

Le dispositif SCR est une technique de contrôle des NOx pour les gaz d'échappement. **C'est une réaction chimique.**

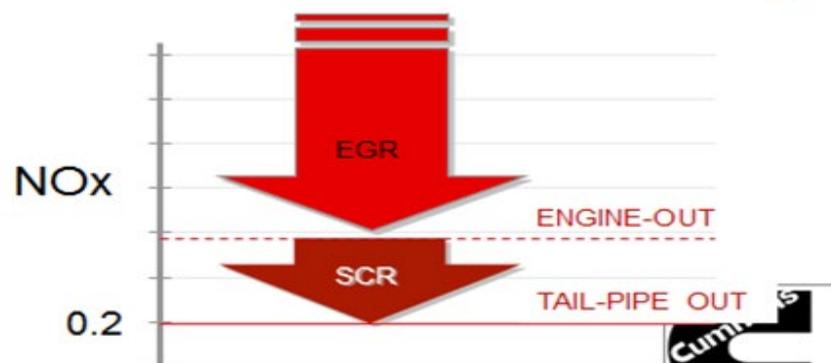
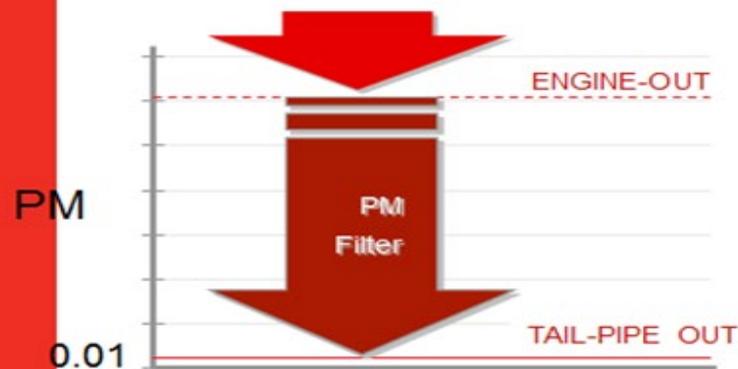
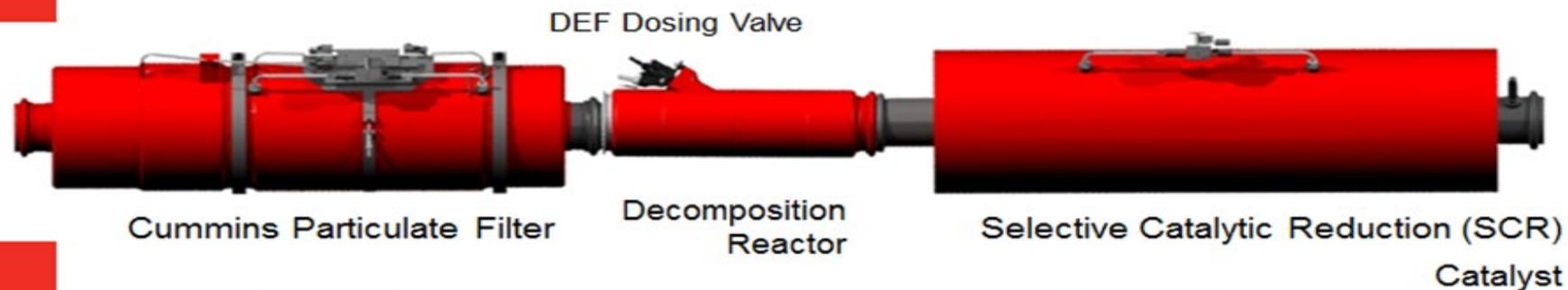
Cette réaction est dû au **DEF** (diesel exhaust fluide) connu aussi sous le nom **d'urée**.

Le DEF, injecté dans l'échappement, se transforme en **ammoniac** et réagit avec les oxydes d'azotes (**NOx**) dans le catalyseur pour former de l'azote (N<sub>2</sub>) gazeux, de l'eau (H<sub>2</sub>O) et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>, petite quantité)

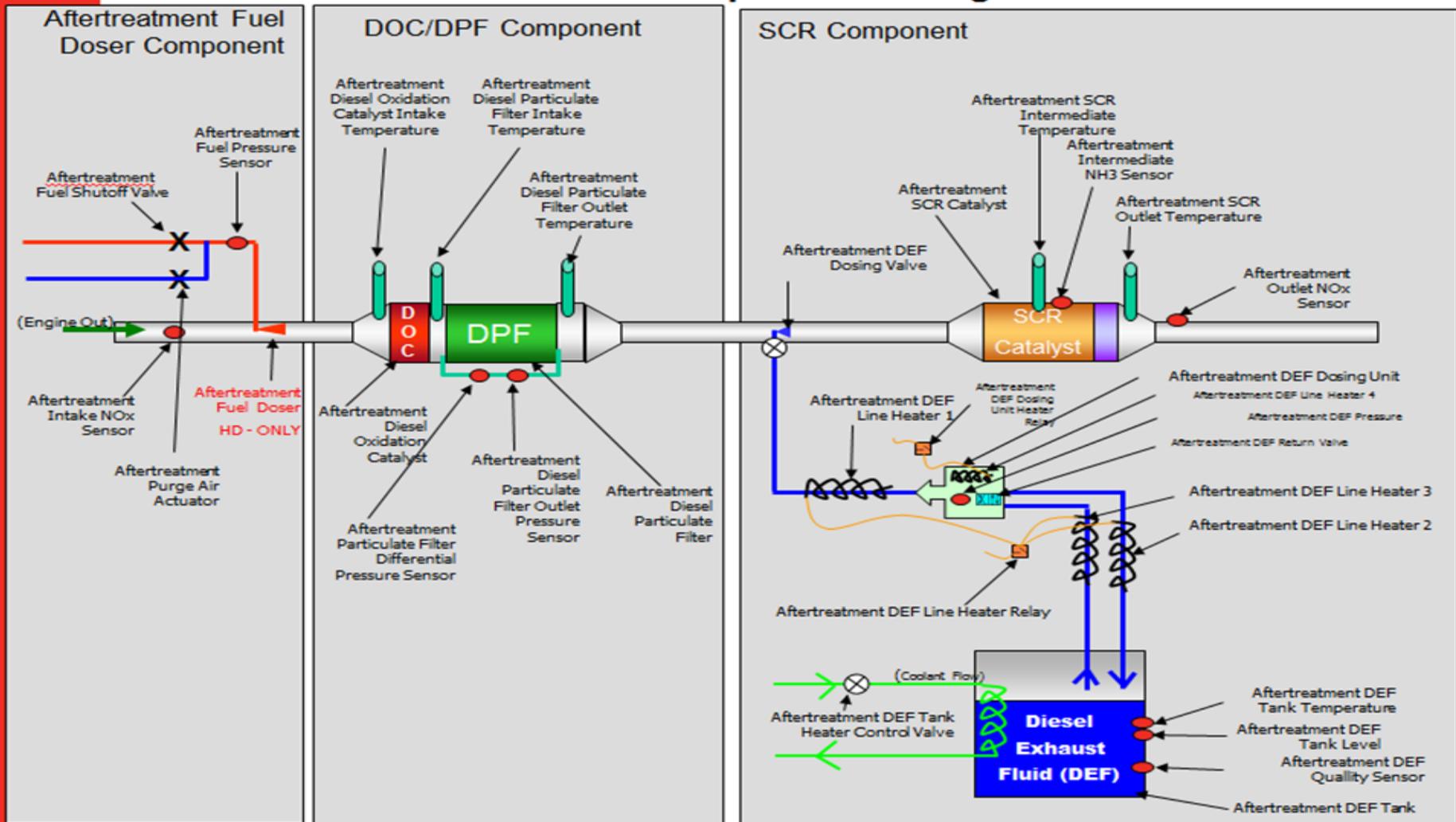
L'injection du DEF doit être dosé avec précision afin de réagir efficacement avec les oxydes d'azote.



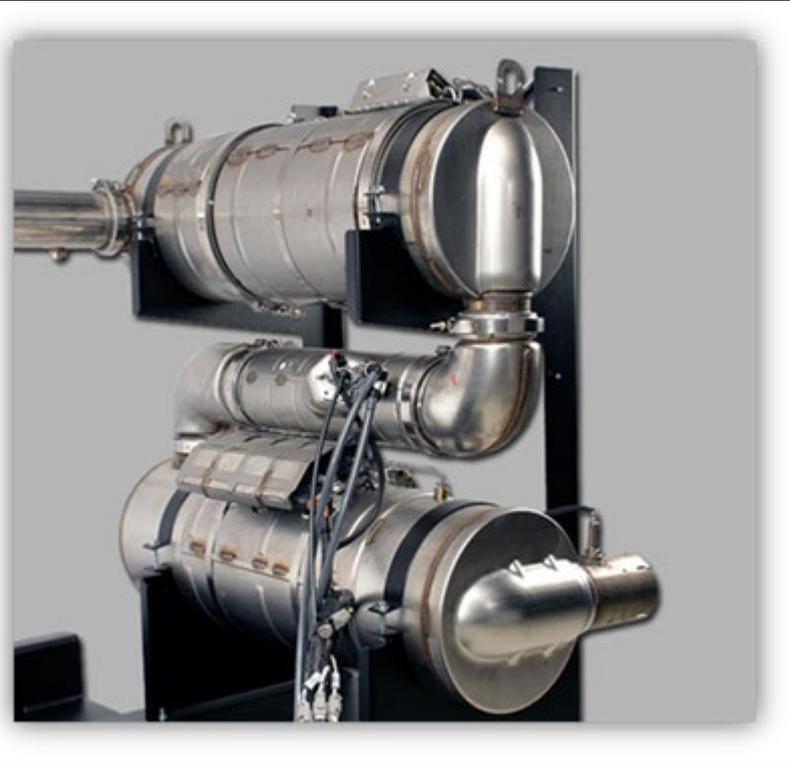
# Cummins Aftertreatment System Overview



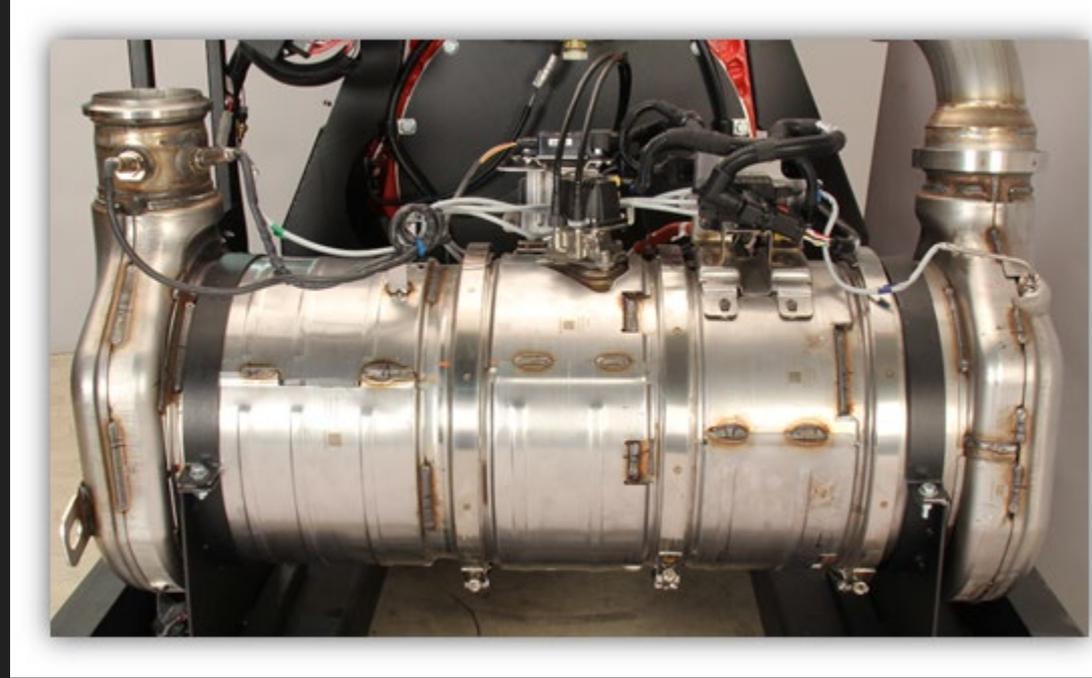
# 2013 Aftertreatment Component Naming Convention



# Amélioration des composants



2010-2016



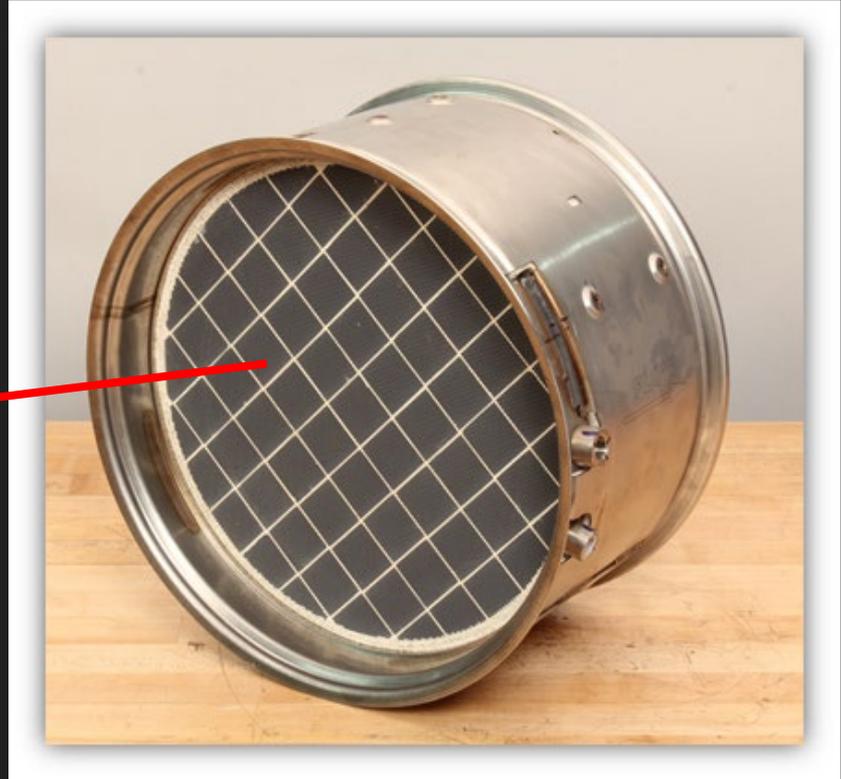
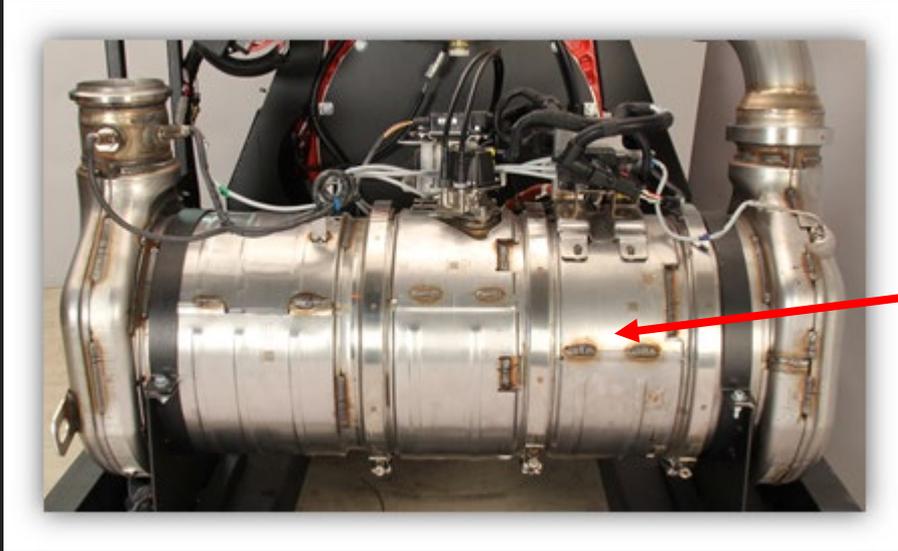
2017 à aujourd'hui

# Diesel Oxidation Catalyst (DOC)

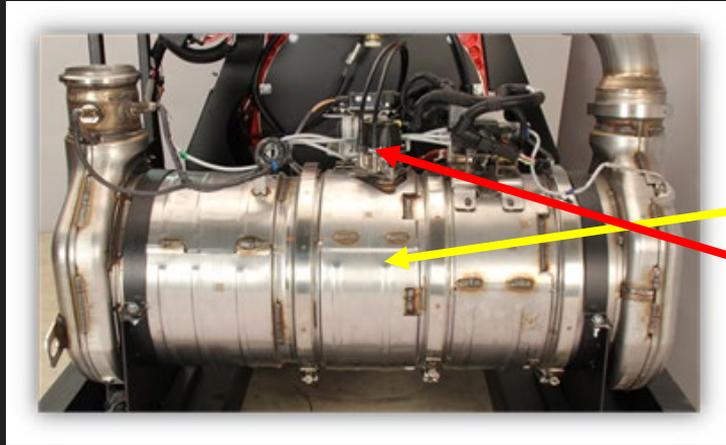


Le catalyseur d'oxydation diesel (DOC) est un dispositif d'écoulement constitué d'un substrat en céramique et d'une couche de lavage de catalyseur. Le but du DOC est de créer la chaleur nécessaire à la régénération du filtre à particules et au fonctionnement du SCR.

# Diesel Particulate Filter (DPF)

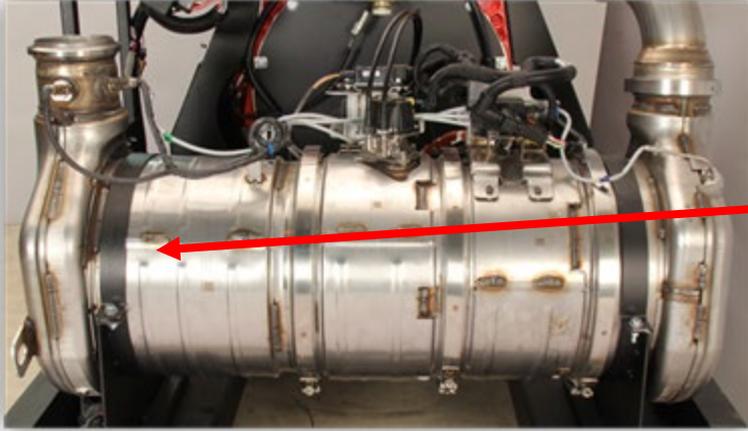


# Decomposition Tube and UL2 Dosing Valve



Le tube de décomposition DEF est utilisé pour la partie de réduction sélective du catalyseur du post-traitement. Le liquide d'échappement diesel, DEF, est injecté dans cette zone par la valve de dosage DEF. Le DEF est composé à 67,5% d'eau et à 32,5% d'urée. Lorsque le DEF atomisé est injecté dans le tube de décomposition, l'eau s'évapore et l'urée se déplace vers le catalyseur SCR.

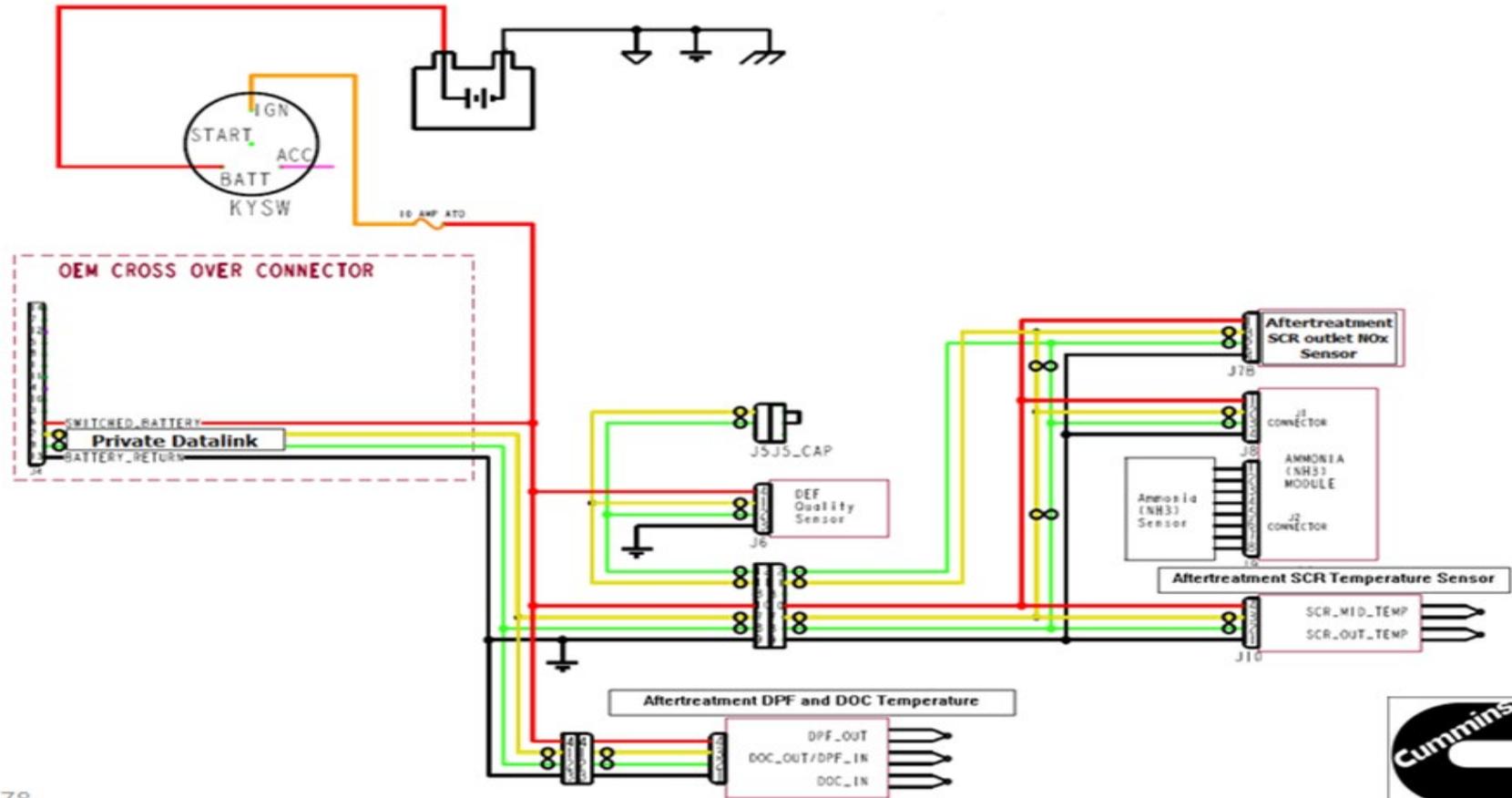
# SCR



Le catalyseur SCR est un dispositif d'écoulement constitué d'un substrat en céramique avec une couche de lavage catalysée. Le but de ce catalyseur est de permettre une réaction des oxydes d'azote restant dans l'échappement et de réduire l'émission de NOx dans l'atmosphère.



# Systeme multiplexe:



# Capteurs de NOx:

Un capteur permet de mesurer la quantité de NOx à l'**entrée** du système de post-traitement

Un autre capteur permet de mesurer la quantité de NOx à la **sortie** du système de post-traitement

Le capteur d'entrée et de sortie sont **différents** et fonctionnent sur des plages différentes.



# Capteur NH3 (amoniac)

Mesure la quantité **d'amoniac** dans le SCR afin de déterminer si la quantité de **DEF** est adéquate.

Si la quantité de DEF n'est pas adéquate, la transformation chimique peut être inversé et produire des NOx.



# Capteur de qualité du DEF:

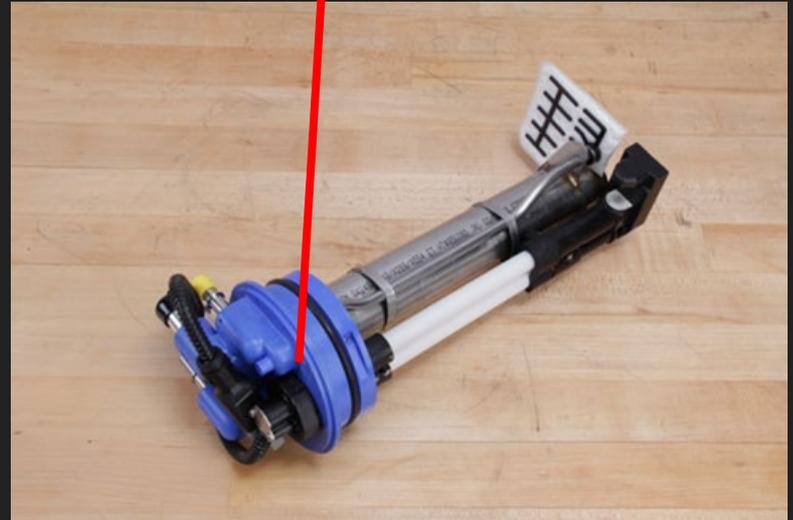
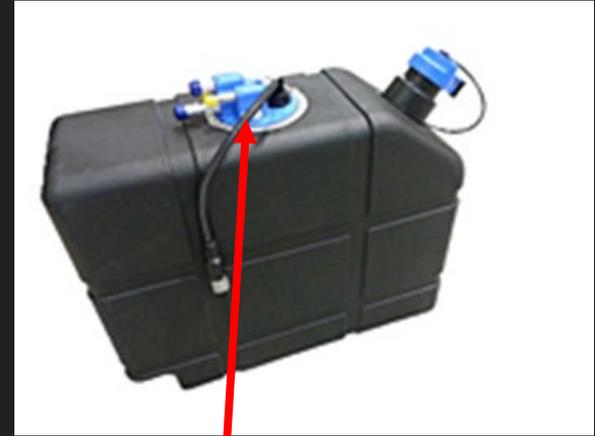
## Multifonction:

Capteur de densité.

Capteur de niveau.

Capteur de température.

Multiplexé.



# Diesel Exhaust Fluid (DEF):

- Non toxic ?
- Non polluant ?
- Incolore
- Faible odeur d'ammoniac
- Composé d'une solution d'urée et d'eau.
- Biodégradable
- Gèle à approximativement – 11 deg. C.
- Aussi appelée AdBlue.



**Attention: Ne Jamais ajouter d'eau ou aucun autre liquide dans le réservoir de DEF, ceci pourrait affecter le fonctionnement du système SCR.**

# Entreposage du DEF:

Entreposer à des températures entre **-5 à 25 deg C**.

Entreposer dans un contenant hermétique pour éviter toute contamination possible.

Ne pas exposer directement au soleil.

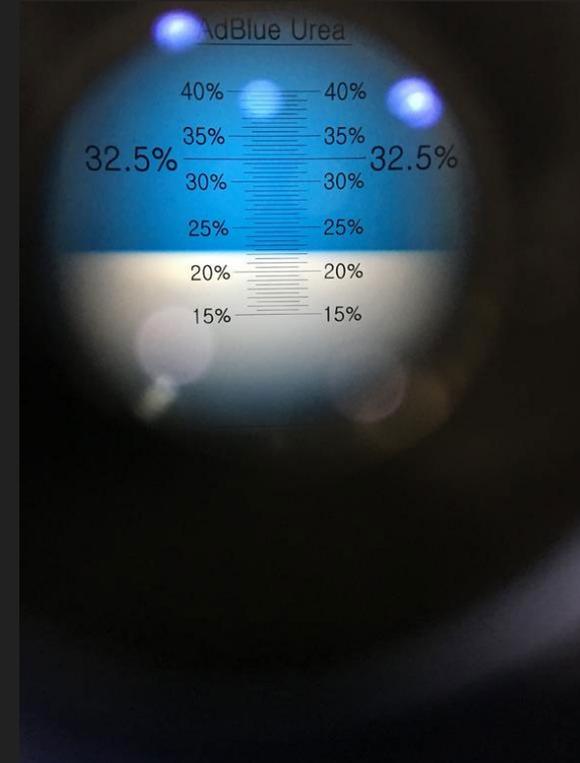
Dans les conditions idéale, le DEF se conserve **18 mois**.

Si le véhicule est remisé pour une longue période, le DEF peut se conserver pendant une période de **6 mois**.

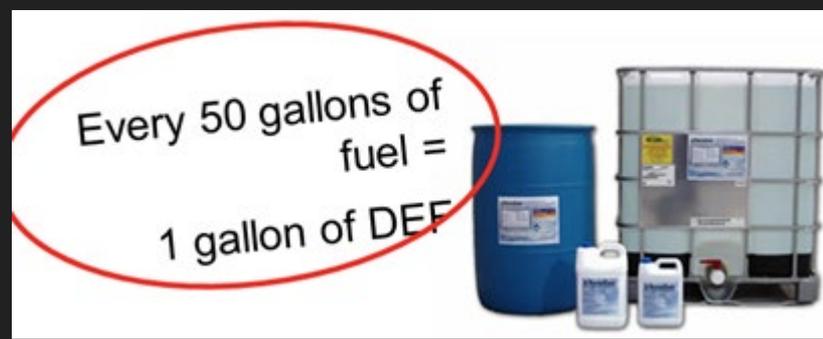
Le DEF est peut être corrosif et réagir avec certains matériaux comme l'aluminium, le plomb, le zinc et le cuivre. (fillage)...

# Vérification:

Il est possible de vérifier la concentration du DEF à l'aide d'un réfractomètre conçu à cet effet.



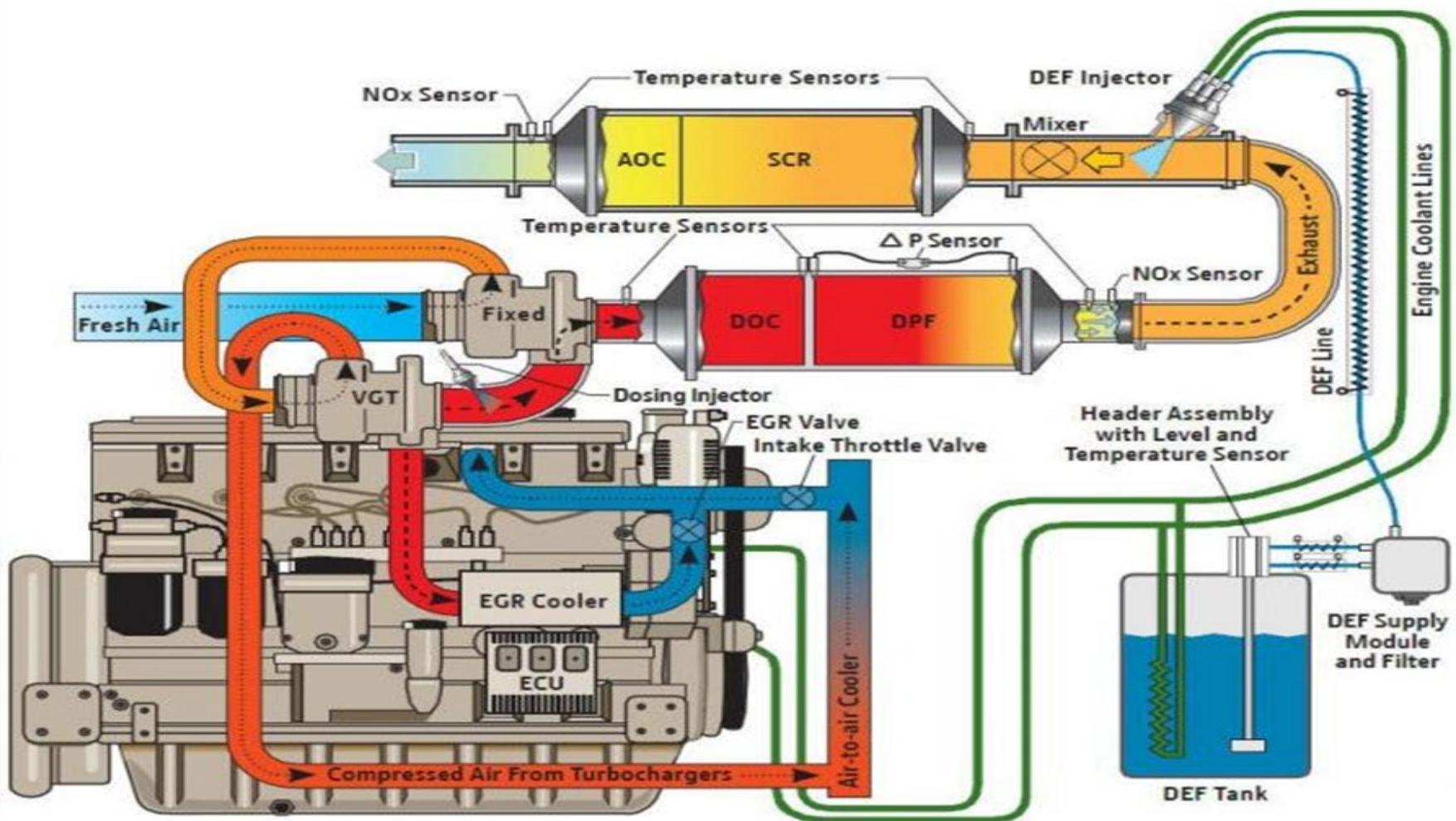
# Consommation:



Voici un exemple de la consommation moyenne de DEF:

- Kilométrage annuel: 120 000 miles (193 121 km)
- Moyenne de consommation: 6 mpg (39,2 L/100km)
- 120 000 miles / 6 mpg = 20 000 gallon (75 708 L) de diesel / année
- Usage de DEF @ 2% de la consommation = 400 gal. (1514L)

# Final Tier 4



# EPA10: ce qu'il faut retenir

- Système SCR

- Système d'injection d'urée mélangé à l'air

- Capteur NH<sub>3</sub> (ammoniac)

- Ajout de 2 sondes à température (SCR in SCR out)

- Ajout de 2 sondes pour l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub> SCR inlet, NO<sub>x</sub> SCR outlet)

# Témoins lumineux:



Filtre à particule (DPF): s'allume lorsqu'une régénération est en cours



Haute température de l'échappement.



Check Engine. (combinée au témoin du filtre à particule, indique une anomalie du système de DPF.)



Stop Engine.



Interrupteur de régénération stationnaire.



*Situation*

*Indication*

*Desired Response*

Normal Operation

None

None

- Passive Regen
  - Stationary Regen
- Disabled



→  
*Increasing Soot Load*





*Situation*

*Indication*

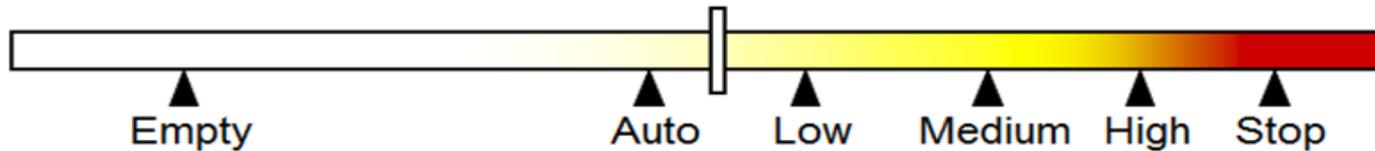
*Desired Response*

Normal Operation

None

None

- Passive Regen
- Active Regen As Conditions Permit



→  
*Increasing Soot Load*





*Situation*

*Indication*

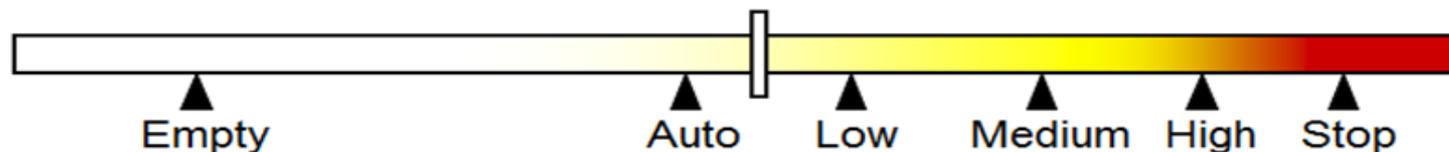
*Desired Response*

Normal Operation

HEST Lamp On Solid

None

•Aftertreatment outlet temperatures higher than normal operation



*Increasing Soot Load*





### *Situation*

### *Indication*

### *Desired Response*

Regen Needed – Low  
Priority

DPF Lamp On Solid

Provide Regen  
Opportunity

- Passive Regen
- Active Regen As Conditions Permit
- Stationary Regen Available

**FC 2639**

- Alter Duty Cycle
- Start Stationary Regen
- Seek Service



Increasing Soot Load →





<i>Situation</i>	<i>Indication</i>	<i>Desired Response</i>
Regen Needed – Medium Priority <ul style="list-style-type: none"> <li>•Passive Regen</li> <li>•Active Regen as Conditions Permit</li> <li>•Stationary Regen Available</li> </ul>	DPF Lamp Flashing Moderate De-Rate <b>FC 2639</b>	Suggest Regen <ul style="list-style-type: none"> <li>•Alter Duty Cycle</li> <li>•Start Stationary Regen</li> <li>•Seek Service</li> </ul>



*Increasing Soot Load*





<i>Situation</i>	<i>Indication</i>	<i>Desired Response</i>
Regen Needed – High Priority <ul style="list-style-type: none"> <li>•Passive Regen</li> <li>•Active Regen Disabled</li> <li>•Stationary Regen Available</li> </ul>	DPF Lamp Flashing  Severe De-Rate  Check Engine Lamp On Solid <b>FC 1921</b>	Require Regen <ul style="list-style-type: none"> <li>•Start Stationary Regen</li> <li>•Seek Service</li> </ul>

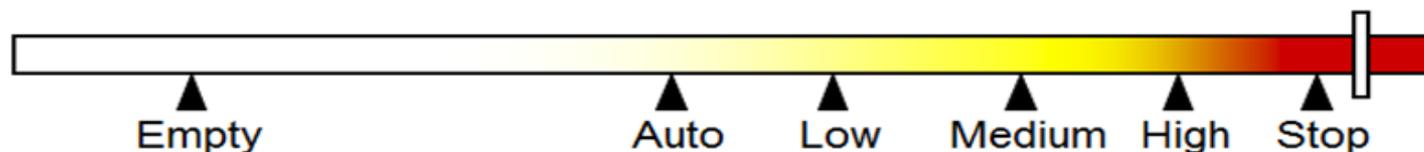


*Increasing Soot Load*





<i>Situation</i>	<i>Indication</i>	<i>Desired Response</i>
Regen Needed - Stop <ul style="list-style-type: none"><li>•Passive Regen</li><li>•Active Regen Disabled</li><li>•Stationary Regen Disabled</li></ul>	Stop Engine Lamp On Solid  Severe De-Rate  <b>FC 1922</b>	Stop Engine at Earliest Opportunity <ul style="list-style-type: none"><li>•Seek Service</li></ul>



→  
*Increasing Soot Load*



Questions ?