

# NOx Reduction Systems

## ▼ DANS CETTE EDITION

**INTRODUCTION** **2**

**LA COMBUSTION ET LES  
GAZ D'ÉCHAPPEMENT** **2**

**RÉGLEMENTATION  
ANTIPOLLUTION** **4**

**MESURES POUR  
LA RÉDUCTION DES  
ÉMISSIONS POLLUANTES** **6**

**SYSTÈMES DE RÉDUCTION  
CATALYTIQUE  
SÉLECTIVE SCR** **8**

**EXEMPLES DE FABRICANTS  
QUI INCLUENT LE SYSTÈME  
DE RÉDUCTION NOX  
AVEC ADBLUE** **15**

**ENTRETIEN DES SYSTÈMES  
DE RÉDUCTION NOX  
AVEC ADBLUE** **17**

## INTRODUCTION

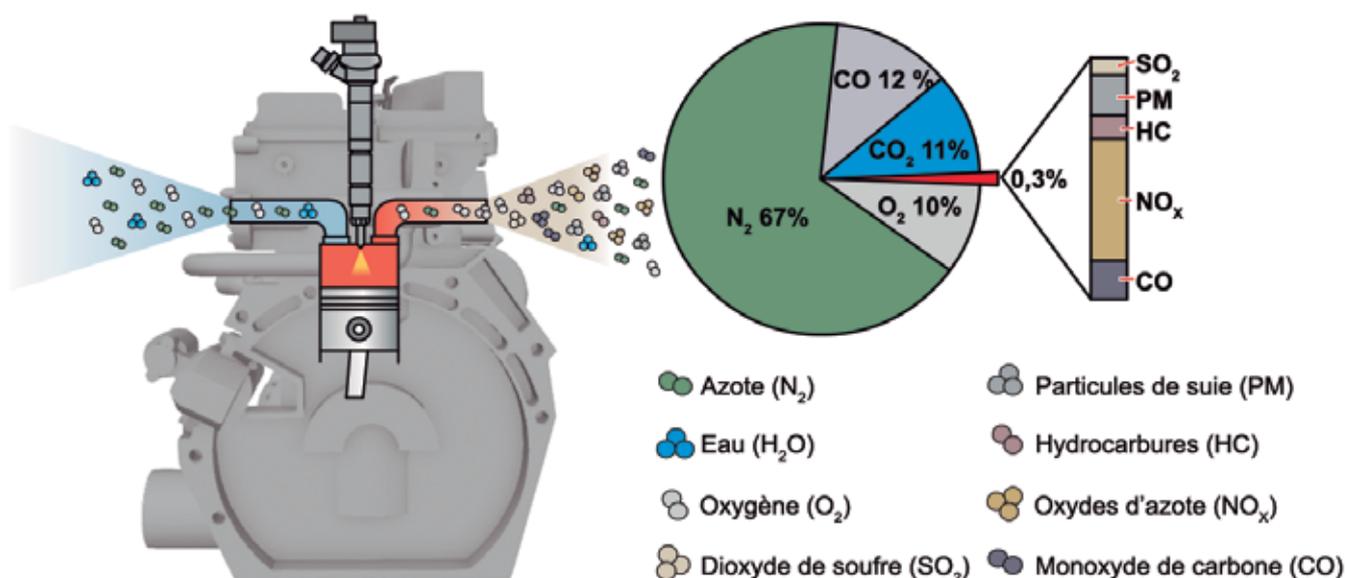
Les **oxydes d'azote et leurs dérivés** sont l'une des substances produites par les moteurs à combustion les plus nocives pour les personnes et pour l'environnement. Selon les niveaux maximums de pollution environnementale établis pour les villes, le dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  ne devrait pas dépasser les **200 mg/m<sup>3</sup>**.

En réalité, lorsque les conditions météorologiques sont défavorables, ces niveaux atteignent souvent le triple, ce qui représente une menace grave contre la santé publique. Les oxydes d'azote sont principalement produits pendant la combustion dans un moteur diesel, lorsque le régime du moteur est lent et que la quantité de carburant injecté est faible. Étant donné que le moteur travaille sans restriction d'air aspiré, le mélange air/carburant est faible dans ces conditions, ce qui implique qu'une grande quantité d'air ne participe pas directement dans la combustion. Étant donné que l'air est principalement composé d'azote (78 %) et d'oxygène (21 %), le reste de ces éléments qui ne sont pas

intervenus dans la combustion réagit à cause des hautes températures dans la chambre de combustion, polluant l'air et produisant les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), cause de graves problèmes en lien avec la pollution des grandes villes.

En conséquence, les fabricants de voitures ont développé différentes solutions pour réduire, transformer et contrôler les émissions d'oxydes d'azote. L'une de ces solutions est l'utilisation de l'**agent AdBlue** pour réduire les oxydes d'azote par transformation.

**AdBlue** est une marque déposée sous laquelle se commercialise un produit dénommé techniquement AUS32 (Aqueous Urea Solution, dissolution d'urée à 32,5 %). Sa mission est de réduire les émissions d'oxydes d'azote  $\text{NO}_x$  dans les moteurs diesel. Pour cela, un procédé dénommé SCR (Selective Catalytic Reduction, réduction catalytique sélective) est appliqué. Ce procédé est mené à bien dans un catalyseur spécifique pour l'accumulation et la réduction des  $\text{NO}_x$ .



## LA COMBUSTION ET LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT

### La combustion

La combustion est une réaction chimique continue pendant laquelle un élément **combustible**, dans ce cas-ci le carburant, réagit et se combine avec un autre élément **comburant** (oxygène). Au cours de la combinaison rapide du combustible avec l'oxygène, de l'énergie thermique et lumineuse est libérée, et un oxyde est produit. La combustion est une **réaction dite exothermique** du fait qu'elle dégage de la chaleur pendant le processus. Les types de combustible les plus fréquents sont les matériaux organiques qui contiennent du carbone et de l'hydrogène.

Dans un moteur diesel, la **combustion idéale** se produit lorsque la totalité du combustible réagit avec l'oxygène, et les seuls produits résultants sont : l'**azote** ( $\text{N}_2$ ), le **dioxyde de carbone** ( $\text{CO}_2$ ) et l'**eau** ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Cela signifie que le combustible doit s'oxyder complètement, c'est-à-

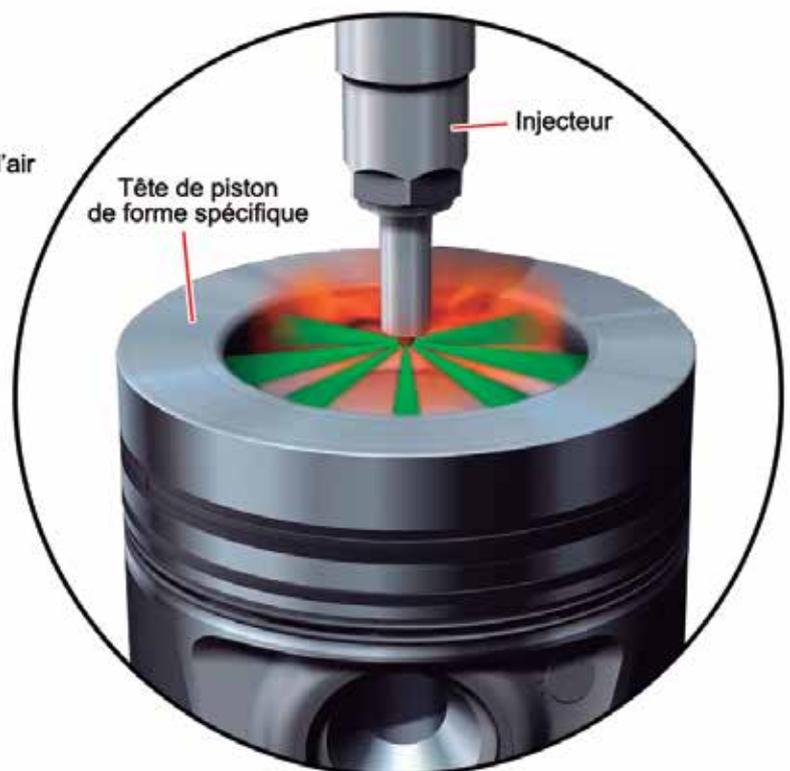
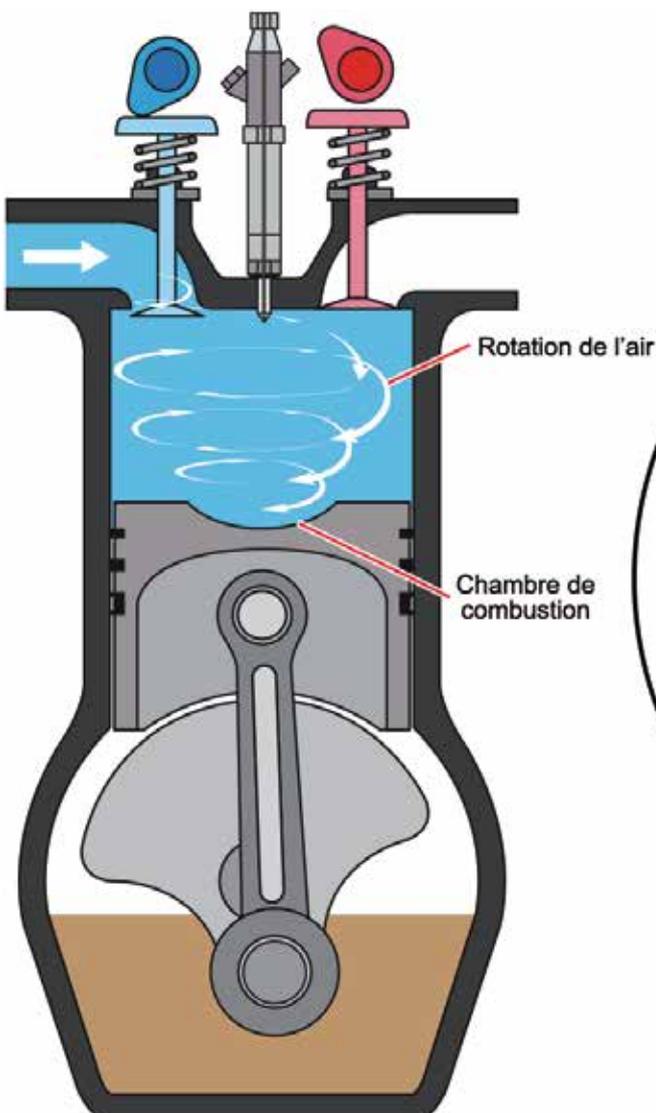


dire, lorsqu'il a totalement brûlé. Cependant, en réalité, à cause des caractéristiques inhérentes à la nature de la combustion et du fait que, pendant la combustion, il existe une variation continue de la proportion du mélange entre l'air et le combustible, **la combustion idéale ne se fait pas en pratique.**

En plus des produits de  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$  et  $H_2O$ , la combustion réelle (incomplète) génère plusieurs sous-produits toxiques comme: carbone partiellement oxydé **PM** (suie), monoxyde de carbone **CO**, hydrocarbures non brûlés **HC**, oxydes d'azote **NO<sub>x</sub>** dérivés de l'oxydation de l'azote et du dioxyde de soufre **SO<sub>2</sub>**, comme sous-produits d'une combustion partielle du soufre contenu dans le combustible diesel.

Les fabricants de moteurs diesel ont étudié et beaucoup travaillé sur la conception de chaque composant qui participe directement dans la combustion (modifications à l'intérieur du moteur), dans le but de parvenir à obtenir une combustion la plus proche possible de la combustion idéale. Les composants mécaniques et les procédés qui ont le plus été étudiés et optimisés sont: la chambre de combustion, les vannes, les pistons, les collecteurs d'admission et l'échappement, les systèmes de recirculation de gaz d'échappement, les systèmes de préchauffage, les injecteurs et le procédé d'injection. Le résultat de ce travail est parvenu à améliorer les facteurs les plus influents dans le développement de la combustion :

- **Le dosage du combustible:** Plus la pulvérisation du combustible est grande, mieux sera la combustion, car la taille des particules de combustible sera inférieure et celles-ci auront une plus grande surface de contact entre elles et le comburant (oxygène). Pour cela, les pompes d'injection capables de fournir plus de 2000 bars de pression ont été renforcées. Les injecteurs ont également été améliorés en augmentant le nombre d'orifices d'injection et en reconcevant l'orientation des jets d'injection, le nombre d'injections, la précision dans les temps et la durée de l'injection. Tout cela grâce à la rapidité de calcul des gestions électroniques d'injection et l'évolution des systèmes mécaniques des composants.
- **Le temps de séjour:** C'est le temps que le mélange air - combustible reste dans la chambre de combustion, en tête de chaque piston. Dans cette période, le mélange peut s'oxyder au maximum. Cela est directement lié à la température de la chambre de combustion, à la relation de compression et à la géométrie des chambres de combustion.
- **La turbulence:** C'est l'un des facteurs déterminants pour obtenir une bonne combustion. La vitesse d'entrée de l'air dans la chambre de combustion et son mouvement en forme de tourbillon sont décisifs pour la bonne homogénéisation entre l'air et le combustible. C'est ainsi qu'il est possible de maximiser le nombre de gouttes de combustible entourées d'air frais. Les fabricants tentent d'améliorer la turbulence par la conception des vannes et des conduites d'admission...



## Les gaz d'échappement

Malgré toutes les mesures adoptées par les fabricants pour améliorer les facteurs influents et les conditions de la combustion, en reconcevant les composants mentionnés, il est vrai que le développement de la **combustion réelle** est encore loin de la **combustion complète idéale**.

Il existe une multitude de variables avec peu de marge de contrôle : la variation de la température de travail, la variation du régime moteur, la qualité du carburant, la variation du débit d'injection en fonction de la demande de couple, etc. En conséquence, le moteur produit des gaz d'échappement nocifs en fonction de ses conditions de fonctionnement :

### Émissions du moteur avec une faible accélération et des charges faibles

Dans ces conditions, il y a beaucoup d'air ( $O_2$  et  $N_2$ ) et peu de carburant. En conséquence, il y a trop d'oxygène ( $O_2$ ) et beaucoup d'azote  $N_2$ . La température de crête de la combustion provoque la réaction de ces éléments, qui produit des oxydes d'azote  $NO_x$ . Comme il y a peu de carburant, la production de CO et d'hydrocarbures non brûlés est réduite.

### Émissions du moteur avec des hautes révolutions et des charges élevées

Pour accélérer, le moteur diesel augmente la quantité de combustible injecté, ce qui libère plus de chaleur et augmente la pression, qui pousse sur le piston avec plus de force. La proportion de carburant par rapport à l'air qui rentre dans le cylindre ( $N$  et  $O_2$ ) augmente. Pendant la combustion, presque tout l'oxygène ( $O_2$ ) est consommé, ce qui produit plus de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures non brûlés et moins d'oxydes d'azote ( $NO_x$ ), car il n'y a presque plus d'oxygène ( $O_2$ ) après la combustion.

La quantité élevée de combustible et le peu de temps disponible pour réaliser la combustion lorsque la charge et le régime du moteur sont élevés impliquent la formation de particules solides. Les particules solides sont formées par le combustible qui n'a pas commencé la combustion. L'hydrogène des hydrocarbures se dissocie du carbone et se combine avec l'oxygène de l'air pour former de l'eau ( $H_2O$ ), et le

carbone se regroupe donc en formant des concentrations considérées solides, à cause de leur taille, dont une petite proportion est visible (10 - 20 %) et le reste est invisible pour l'humain.

Le fait que la proportion de gaz polluants soit différente entre les régimes élevés et faibles et, en même temps, entre les charges élevées et faibles, implique que le moteur diesel ait besoin de compléments antipolluants spécifiques pour chaque situation, ce qui rend la technologie d'épuration des gaz d'échappement plus complexe.

L'augmentation des rendements des moteurs diesel au cours de dernières années a eu une influence sur la composition des gaz d'échappement. Une plus grande pression et température pendant la combustion impliquent une plus grande production de  $NO_x$ .

Les  $NO_x$  sont produits par une combustion pauvre en combustible avec un excès d'oxygène dans des conditions de pression et de température élevées. Il s'agit de gaz toxiques et très radioactifs dont la concentration est limitée à un maximum de **200 mg/m<sup>3</sup>**.

Ils interviennent dans la génération de la pluie acide. De plus, dans les grandes villes se produit ce qui s'appelle le « smog **photochimique** ». Il s'agit d'un **brouillard brun** qui produit différents effets chez les personnes : Irritation du système respiratoire et oculaire pour des courtes expositions. Et en cas d'exposition prolongée, il provoque des maladies respiratoires chroniques, cardiovasculaires et cérébro-vasculaires.



## RÉGLEMENTATION ANTIPOLLUTION

La réglementation européenne concernant les émissions de polluants est l'ensemble des normes qui régulent les limites acceptables pour les émissions de gaz des moteurs de combustion interne. Tous les nouveaux véhicules vendus dans les États membres de l'Union européenne doivent respecter ces normes. La réglementation des émissions est définie dans une série de directives que l'Union européenne implante de façon progressive et dont les restrictions sont chaque fois plus sévères à cause de l'augmentation incessante de la pollution environnementale.

En 2001, la Commission européenne a lancé le **programme CAFE (Clean Air For Europe)**. L'une des conclusions était le besoin de réduire les émissions du secteur du transport, comme faisant partie de la stratégie globale pour améliorer la qualité de l'air. Dans ce sens, la Communauté européenne a émis, sous forme de directives, plusieurs ordonnances pour ses pays membres, afin de respecter ses enga-

gements en matière d'émissions de polluants. Ces directives ont été appelées EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 et EURO 6, chacune plus stricte que la précédente.

Le respect de la réglementation est déterminé en contrôlant le fonctionnement du moteur dans un cycle d'essais normalisés avant commercialisation. Les émissions d'oxydes d'azote ( $NO_x$ ), d'hydrocarbures (HC), de monoxyde de carbone (CO) et de particules de suie (PM), sont réglementées pour la plupart des types de véhicules, en appliquant différentes normes en fonction de leurs caractéristiques techniques.

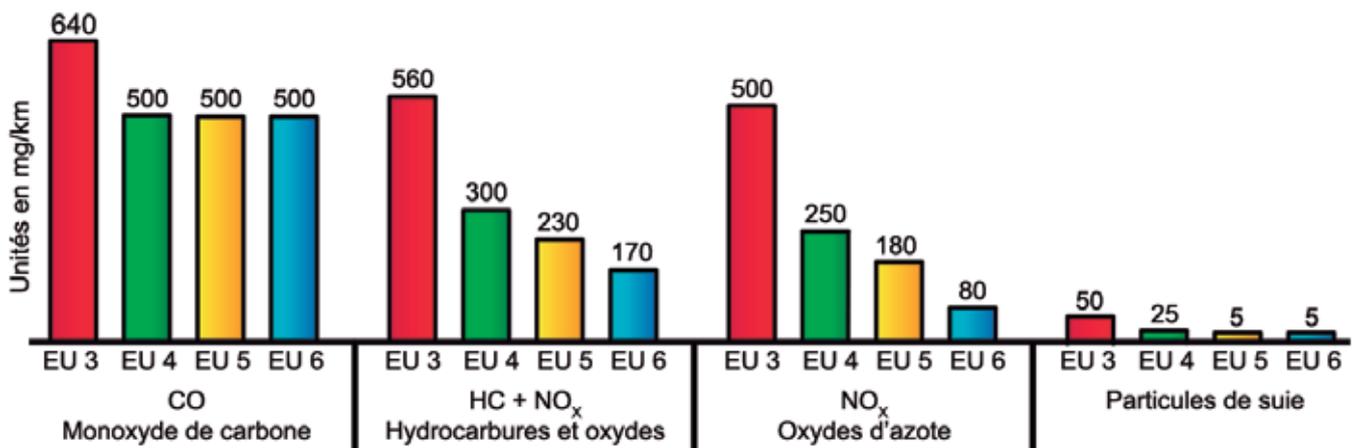
La quantité maximale admissible de sous-produits existants dans les émissions de gaz provenant de véhicules de tourisme est résumée dans les tableaux suivants en fonction du type de gaz émis, de la date d'entrée en vigueur de la réglementation et du niveau de restriction correspondant au type de moteur (essence ou diesel), exprimée en grammes par km :

DIESEL						
Type	Date	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1	Juillet 1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	Janvier 1996	1	-	0,7 (*) - 0,9 (**)	-	0,08 (*) - 0,10 (**)
Euro 3	Janvier 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,050
Euro 4	Janvier 2005	0,50	-	0,30	0,23	0,025
Euro 5	Septembre 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	Septembre 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,0045

\* Moteur à injection indirecte      \*\* Moteur à injection directe

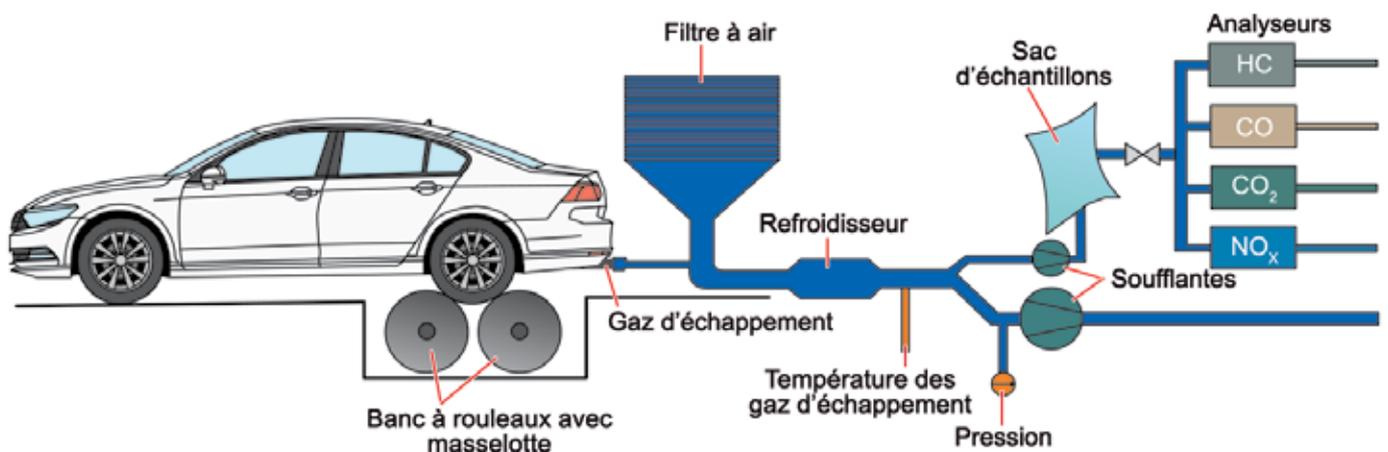
PETROL						
Type	Date	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1	Juillet 1992	2,72	-	0,97	-	-
Euro 2	Janvier 1996	2,2	-	0,5	-	-
Euro 3	Janvier 2000	2,3	0,2	-	0,15	-
Euro 4	Janvier 2005	1	0,1	-	0,08	-
Euro 5	Septembre 2009	1	0,1	-	0,06	0,005
Euro 6	Septembre 2014	1	0,1	-	0,06	0,0045

Le graphique montre la réduction progressive en fonction du type de gaz émis et de la directive Euro applicable.



Pour simuler les émissions d'un véhicule circulant sur route, celui-ci est placé sur un **banc d'essai** à rouleaux, capable de reproduire toutes les **conditions réelles de travail**.

Grâce à cet essai, des mesures des éléments polluants sont obtenues, de manière représentative. Pour cela, un cycle de conduite a été fixé, qui simule les conditions normales d'utilisation du véhicule.



À partir des informations qui ont été expliquées jusqu'à maintenant, il est possible de résumer que les fabricants sont en train d'implémenter deux classes de mesures pour réduire les gaz polluants.

Celles-ci peuvent être classées en mesures à l'extérieur du moteur et mesures à l'intérieur du moteur.

## MESURES POUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS POLLUANTES

Based on the information that has been explained up until now, we can sum up by saying that manufacturers are implementing two types of mea-

sures for reducing polluting gases. These can be classified into external- and internal-engine measures.

### Mesures à l'extérieur du moteur

Il s'agit des modifications et des incorporations techniques qui s'appliquent aux éléments externes au moteur. Les mesures les plus importantes sont décrites ci-dessous :

#### Catalyseur d'oxydation

Sa fonction principale est l'oxydation du monoxyde de carbone (CO) et sa transformation en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et la transformation des hydrocarbures non brûlés (HC) en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et en eau (H<sub>2</sub>O). C'est pourquoi ils sont dénommés (CO + HC) de « **deux voies** ». Il existe également des catalyseurs d'oxydation de « **trois voies** » (principalement incorporés dans les moteurs à essence), qui, en plus de transformer le CO et le HC, transforment également les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) en oxygène et en azote. Cependant, **dans les**

**moteurs diesel, seuls les catalyseurs de « deux voies » sont utilisés**, à cause du fait que les moteurs diesel travaillent en excès d'air et, donc, émettent des gaz d'échappement avec une haute concentration en oxygène (O<sub>2</sub>), ce qui empêche la réduction des oxydes d'azote en azote (N<sub>2</sub>) et oxygène (O<sub>2</sub>).

En conséquence, pour réduire les NO<sub>x</sub> dans les moteurs diesel, les fabricants ont développé un **catalyseur spécial, dénommé SCR, qui accumule et transforme les oxydes d'azote.**

#### Filtre à particules, DPF (Diesel Particulate filter)

Il a pour objectif de **retenir les particules de suie** (solides) des gaz d'échappement produits par les moteurs diesel. Lorsque le volume de particules est suffisamment élevé, il les élimine par combustion de la suie dans le propre filtre grâce à des cycles de régénération. Certains fabricants utilisent des **additifs** pour augmenter la température des filtres à particules jusqu'à la température adéquate (+450 °C) pour pouvoir oxyder les particules et les transformer ainsi en CO<sub>2</sub> (gaz).

Une autre solution est de situer le filtre à particules à côté du catalyseur d'oxydation, immédiatement derrière le collecteur d'échappement et de la turbine du turbocompresseur. Cela évite l'utilisation d'additif, car la température nécessaire pour la combustion des particules de suie est obtenue grâce à la proximité des chambres de combustion. En contrepartie, un excès de température de l'échappement et de la chambre de combustion **augmente la formation de NO<sub>x</sub>**.



### Mesures à l'intérieur du moteur

Il s'agit des modifications et incorporations techniques qui s'appliquent aux éléments internes du moteur, destinées à éviter la production de

polluants. Dans les moteurs diesel, les plus importantes sont :

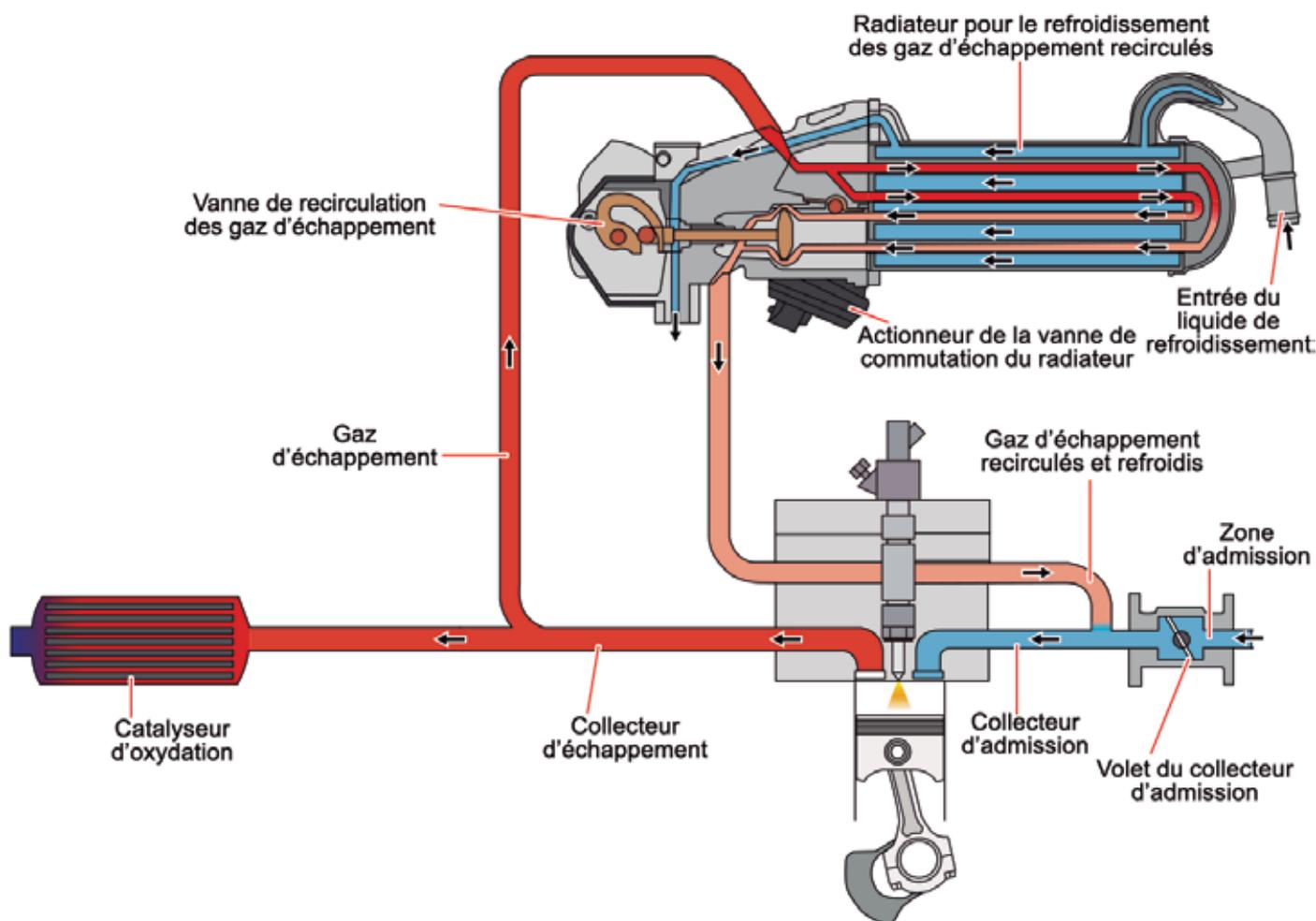
## Recirculation des gaz d'échappement (EGR)

L'objectif principal de ce système est la réduction du volume effectif du remplissage d'air dans les cylindres, en diminuant grâce à cela la quantité d'oxygène excédant lors de la combustion, et la réduction de la température de crête pendant la combustion. Grâce à cela, il est possible de **contribuer en grande mesure à la réduction de la formation des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)**, mais uniquement lorsque la charge du moteur est faible.

Pour améliorer le rendement du système de recirculation des gaz d'échappement, un **échangeur de chaleur** est incorporé pour réduire sa température. Les gaz de refroidissement absorbent la chaleur pen-

dant la combustion, grâce à quoi la température de crête de celle-ci est réduite.

Cependant, ce système de recirculation présente certains **désavantages**. En augmentant le taux de gaz d'échappement qui recirculent, la quantité de gaz d'échappement qui arrivent à la turbine du turbo dégrade la réponse de celui-ci. Cela fait que la pression de suralimentation soit inférieure à celle nécessaire pour que le moteur réponde correctement. De plus, cela permet aux gaz d'échappement sales d'accéder directement à l'entrée du collecteur d'admission, ce qui provoque l'accumulation de suie dans le système d'admission.



## Recirculation des gaz d'échappement à haute et faible pression

Pour pouvoir respecter la **réglementation antipollution Euro VI**. Certains fabricants ont opté pour incorporer dans leurs véhicules un système de recirculation des gaz d'échappement plus complexe

qui peut fonctionner en combinant la recirculation des gaz de deux manières différentes :

### Recirculation de gaz d'échappement à haute pression

Dans ce mode, les gaz provenant du collecteur d'échappement sont reconduits vers le collecteur d'admission grâce à une conduite externe, de manière similaire aux systèmes de recirculation conventionnels, mais avec la différence qu'ici, il n'est pas nécessaire d'incorporer un refroidisseur de gaz d'échappement, car lorsque la température est trop élevée, la méthode de recirculation des gaz d'échappement à **faible pression** est utilisée. Une vanne actionnée par un servomoteur et sur-

veillée par des capteurs se charge de contrôler le passage des gaz d'échappement à **haute pression** en fonction des conditions de travail du moteur (dans certains cas, cette vanne est refroidie par un liquide de refroidissement).

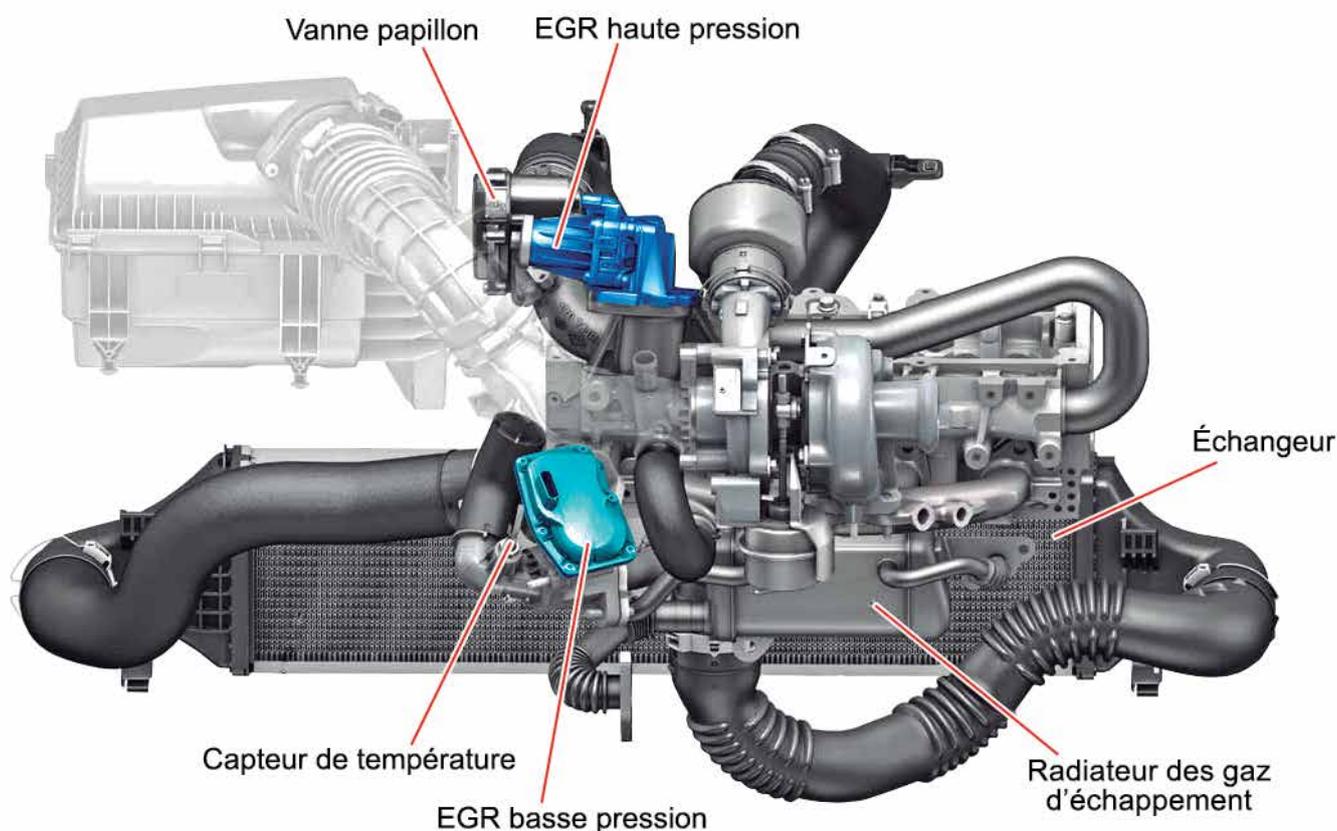
Cette méthode est principalement utilisée lorsque la température des gaz d'échappement n'est pas trop élevée et que le moteur travaille au ralenti ou à bas régime.

## Recyclage des gaz d'échappement à faible pression

Dans ce mode, les gaz **provenant du filtre à particules** sont reconduits par l'extérieur vers la **zone d'aspiration du turbocompresseur**. Pour cela, ils traversent d'abord un échangeur de température refroidi par un liquide de refroidissement situé à la sortie du DPF. Ensuite, une vanne actionnée par un servomoteur et surveillée par des capteurs règle l'aspiration des gaz d'échappement à **faible pression** en fonction des conditions de travail du moteur. Les gaz d'échappement décarbonisés et avec un contenu en oxygène réduit sont reconduits du côté de l'aspiration du turbocompresseur pour être mélangés avec l'air d'admission et sont refroidis à nouveau dans l'intercooler (qui utilise parfois un liquide de refroidissement pour réduire leur température). Finalement, une unité de commande du papillon contrôle le débit global d'air plus gaz d'échappement introduits dans le collecteur d'admission.

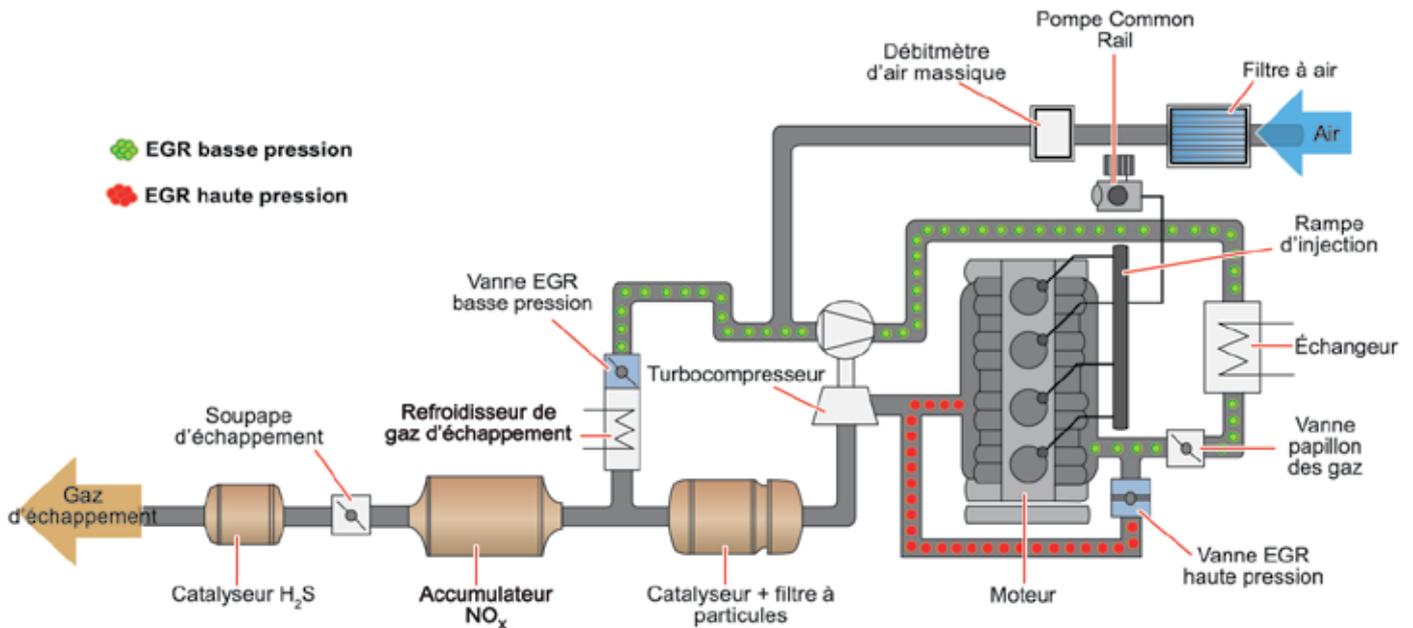
### Avantages:

- Les gaz d'échappement ne contiennent pas de particules solides et recirculent à une température inférieure.
- Le débit de gaz d'échappement ne diminue pas dans le turbo, de manière à ce que le moteur réponde mieux dans des situations de grands débits de gaz d'échappement recirculés et à des pressions de suralimentation élevées.
- Les gaz d'échappement reconduits vers le turbocompresseur contribuent à maintenir leur vitesse dans les échanges de charge du moteur et contiennent moins d'oxygène qui a été combiné dans le catalyseur.



L'unité de commande du moteur décide de combiner la méthode de recirculation de gaz d'échappement à partir des signaux reçus par le régime du moteur, la demande de couple, la température et la pression des gaz d'échappement dans le module de dépuration et les informations des sondes lambda. De cette manière, on parvient à **réduire l'oxygène en excès de la combustion et à réduire la température**

**des chambres de combustion** dans un cadre de fonctionnement du moteur plus large en comparaison avec les systèmes EGR conventionnels. En conséquence, la recirculation des gaz d'échappement n'est pas seulement possible en conditions de travail du moteur à faibles charges ou au ralenti, mais également à charge moyenne avec des régimes moyens et élevés.



En définitive, ce système complexe de recirculation de gaz d'échappement permet en grande mesure la **réduction d'oxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)**,

étant donné qu'il diminue quantitativement le niveau d'air (N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>) aspiré par le moteur.

### Bougies de préchauffage avec capteur de pression

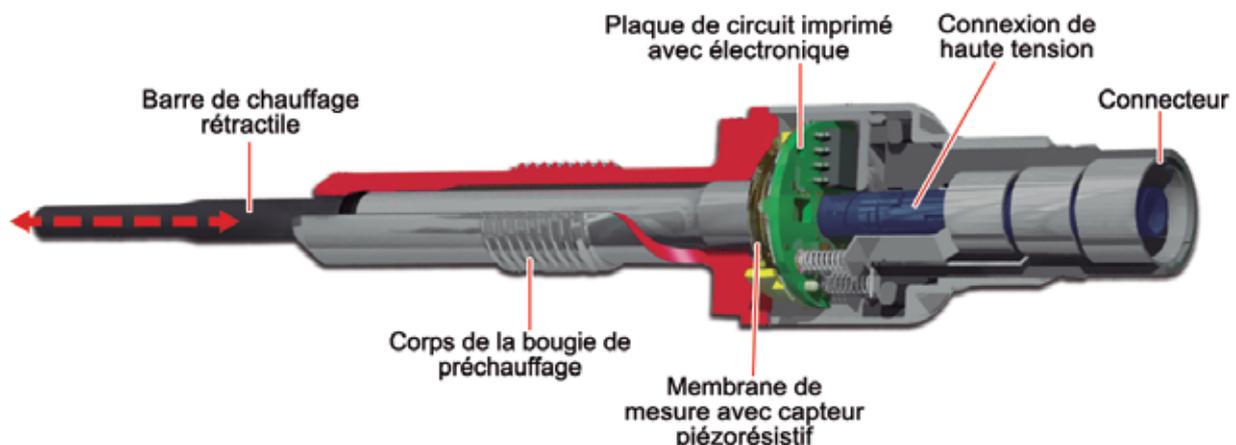
Ce sont des éléments disposés dans la chambre de combustion des moteurs diesel pour faciliter le démarrage à froid. Les bougies de préchauffage avec capteur de pression, en plus de réaliser la fonction de chauffage de la chambre de combustion, ajoutent également la capacité de mesurer la pression qui règne dans cette chambre pour éviter la formation des émissions polluantes.

La fonction de chauffage est obtenue grâce à une résistance qui permet un grand débit électrique lorsqu'elle est froide et que sa température doit augmenter rapidement.

La particularité de la structure mécanique de cette bougie est l'incorporation d'une barre de chauffage rétractile. Cette barre ou électrode est exposée dans la chambre de combustion par une extrémité, et se retire en fonction de la pression dans le cylindre. À l'autre extrémité de la barre, la partie interne du chauffage supérieur, un capteur de



type piézorésistif détecte la valeur de la pression dans la chambre de combustion en temps réel par la déformation d'une membrane de mesure qui reçoit le mouvement de la barre mentionnée.



Les informations obtenues depuis ce capteur, correctement filtrées, sont transmises à l'unité de contrôle du moteur, pour que celle-ci adapte le débit et avance l'injection sur toute la plage de régimes moteur. De

cette façon, le procédé de combustion est optimisé afin d'éviter la formation de **particules et oxydes d'azote** dans les gaz d'échappement, en allongeant ainsi la période de régénération du filtre à particules.

## SYSTÈMES DE RÉDUCTION CATALYTIQUE SÉLECTIVE SCR

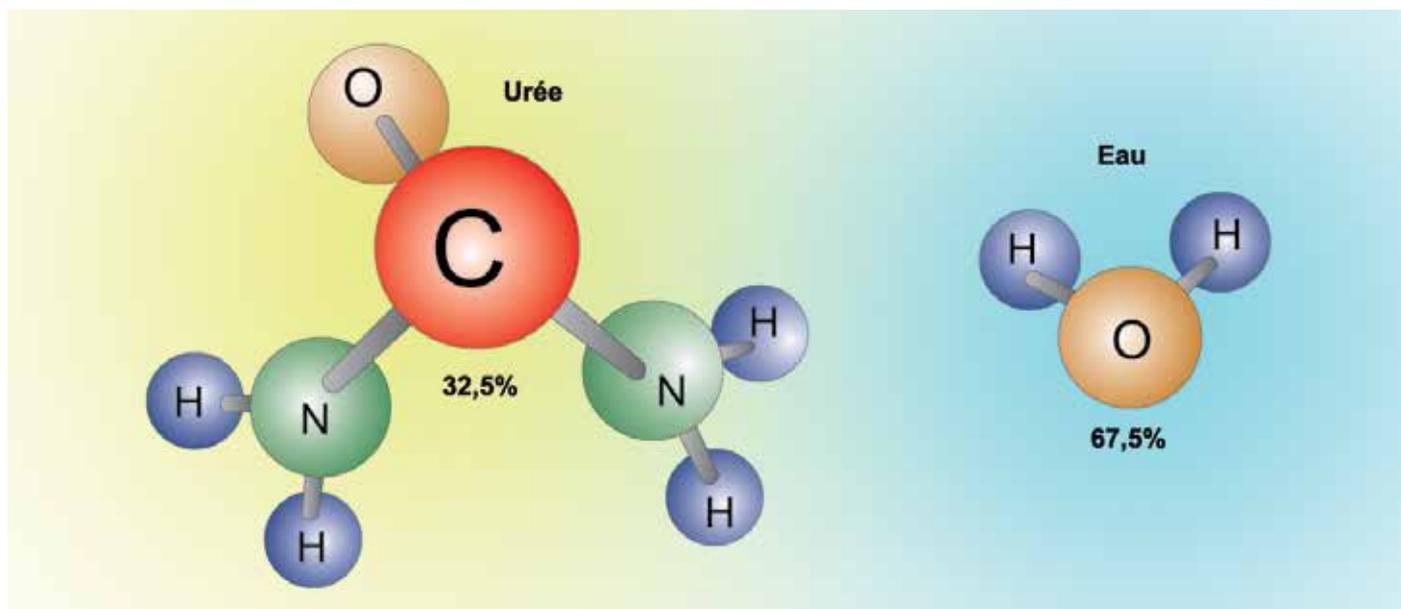
Pour réduire plus encore les **oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)** des gaz d'échappement dans les moteurs diesel en les transformant en substances inoffensives. Pour cela, un **catalyseur** conçu pour **réduire uniquement les NO<sub>x</sub>** est utilisé. La dénomination **SCR** fait référence à l'abréviation en anglais (Selective Catalytic Reduction) **Réduction Catalytique Sélective**. Le catalyseur SCR transforme les oxydes d'azote des gaz

d'échappement en azote (N<sub>2</sub>) et en eau (H<sub>2</sub>O). Pour y arriver, un **agent réducteur** est introduit dans le débit des gaz d'échappement, avant le catalyseur de réduction. L'agent réducteur qui est utilisé est une **dissolution aqueuse d'urée**, qui se transformera en ammoniac (NH<sub>3</sub>) lors de la combinaison avec les oxydes d'azote. Il apporte du carbone, de l'azote, de l'hydrogène et de l'oxygène aux gaz d'échappement.

### Agent réducteur AdBlue

Il s'agit d'un agent réducteur formé par une dissolution de 32,5 % d'**urée CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>** diluée dans de l'**eau H<sub>2</sub>O AUS32** (Aqueous Urea Solution 32,5 %). Lors de la réduction dans le catalyseur, l'urée se transforme en CO<sub>2</sub> et en ammoniac NH<sub>3</sub>. C'est l'élément qui transformera réelle-

ment les NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O. Le fait d'utiliser de l'urée diluée dans de l'eau permet d'obtenir un agent plus sûr pendant la manipulation, car l'ammoniac est un irritant pour la peau et les muqueuses. De cette façon, l'AdBlue respecte les réglementations DIN70070 et ISO 22241.



#### Propriétés principales de l'agent AdBlue

- Il gèle à partir de -11° C.
- Il se décompose entre 70° C et 80° C, en produisant de l'ammoniac qui provoque des nuisances olfactives.
- Il se putréfie avec la présence d'impuretés ou de bactéries.
- Son action très pénétrante oblige à protéger les connecteurs électriques.
- En cas de déversement, l'urée contenue dans celui-ci peut cristalliser et laisser des taches blanches sur la surface.

#### Précautions d'utilisation et de manipulation de l'agent AdBlue.

- Seul un agent réducteur contenu dans un emballage conforme à la réglementation en vigueur peut être utilisé.
- Ne pas inhaler ni ingérer l'agent réducteur.
- S'il a été extrait du réservoir, ne pas réutiliser l'agent réducteur qui pourrait alors se dégrader.
- Pour ajouter ou remplir le réservoir d'agent réducteur, utiliser les récipients et les adaptateurs autorisés par le fabricant.
- En cas de contact avec l'agent réducteur, il est recommandé de rincer immédiatement la zone affectée avec de l'eau abondante, car il peut irriter la peau, les yeux et les voies respiratoires.
- En cas de déversement, nettoyer avec un chiffon humide et rincer abondamment à l'eau froide. En cas de cristallisation de l'agent, rincer avec une éponge et de l'eau chaude.

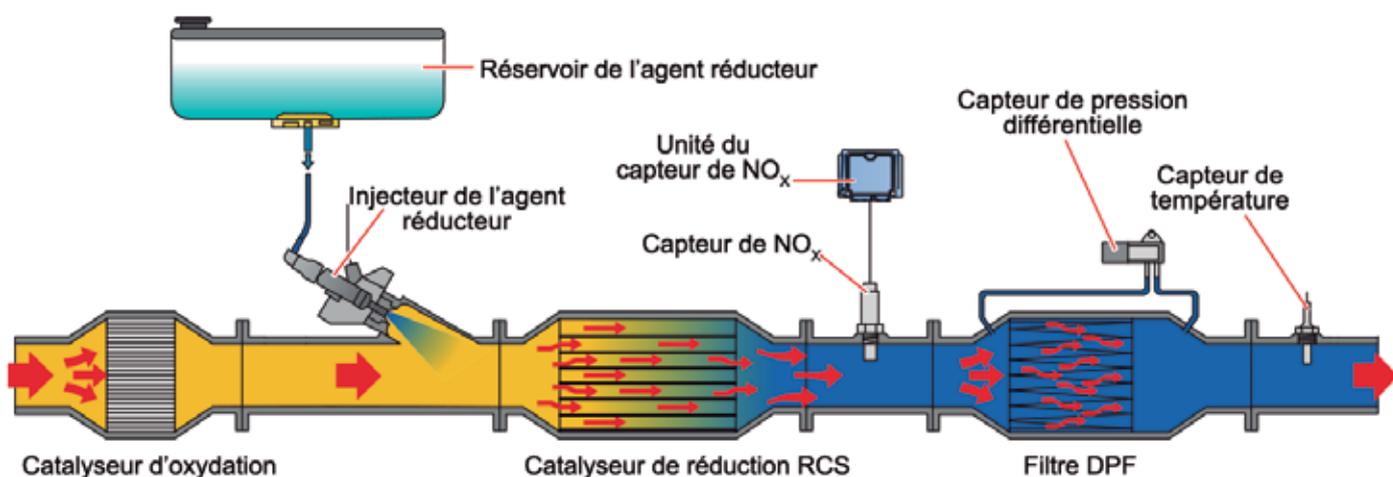
## Architecture du système de gaz d'échappement avec le catalyseur SCR

L'incorporation dans les lignes d'échappement du catalyseur SCR a incité les fabricants à opter pour différentes combinaisons au moment de placer l'ensemble avec le reste des éléments de dépuration des gaz d'échappement. En conséquence, trois blocs de traitement différentiel sont obtenus, dont la combinaison et la disposition peuvent varier :

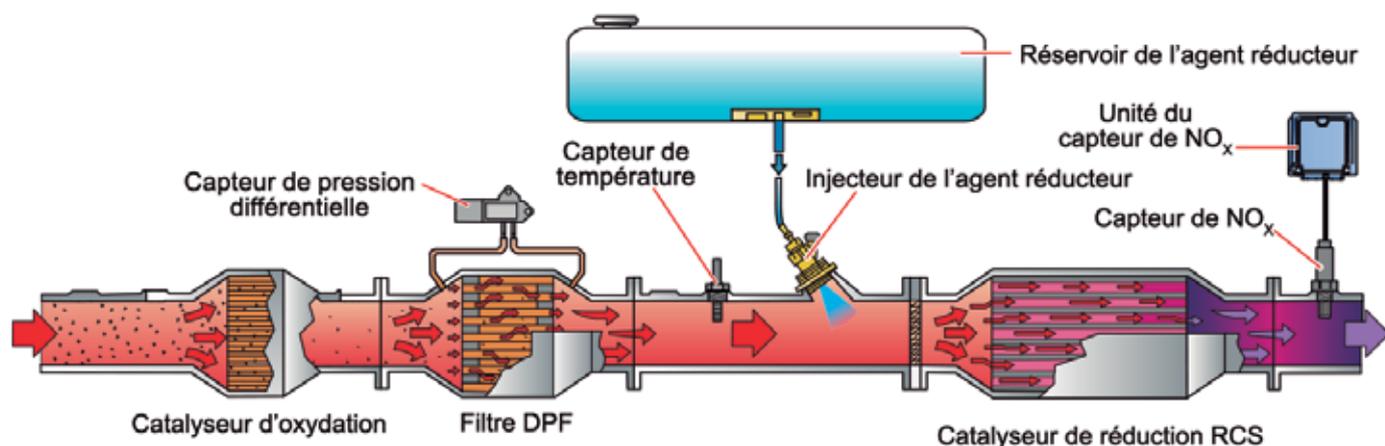
- Catalyseur d'oxydation
- Filtre à particules
- Catalyseur de réduction RCS

Avec l'implantation du système SCR pour la réduction des oxydes d'azote, un catalyseur de réduction est ajouté au système d'échappement. Selon le fabricant du véhicule, l'installation de celui-ci est considéré avant ou après le filtre à particules.

### Système avec catalyseur avant le filtre à particules



### Système avec catalyseur après le filtre à particules



## Composants du système SCR

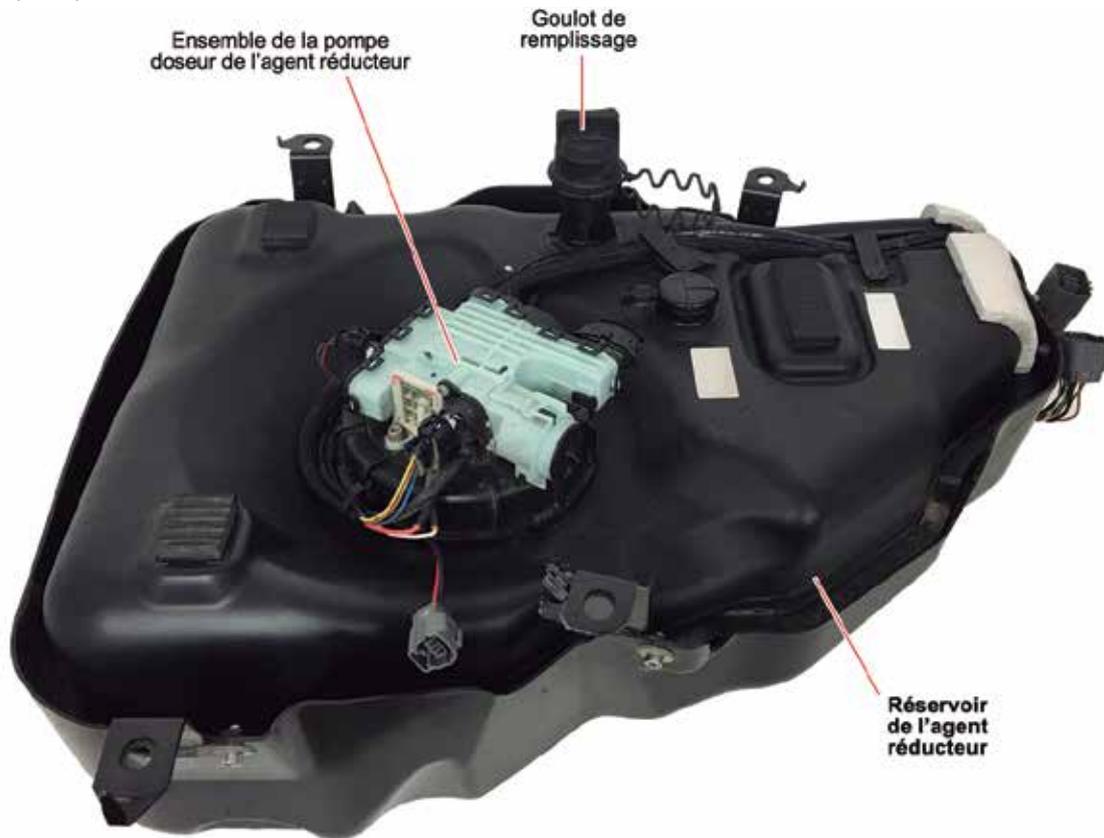
Généralement, le système SCR compte sur les éléments suivants :

- Réservoir de l'agent réducteur
- Injecteur de l'agent réducteur
- Partie hydrolytique
- Catalyseur de réduction
- Capteur de NO<sub>x</sub>
- Unité de commande du capteur de NO<sub>x</sub>

## Réservoir de l'agent réducteur

Il est généralement situé dans la partie arrière du véhicule et à proximité du réservoir de carburant. Il a une capacité approximative de 17 à 19 litres, en fonction du fabricant et de la cylindrée du moteur. Il est fabriqué en matériau plastique et dispose d'un orifice de remplissage. Si nécessaire, il est possible d'ajouter de l'agent réducteur en utilisant un adaptateur spécifique.

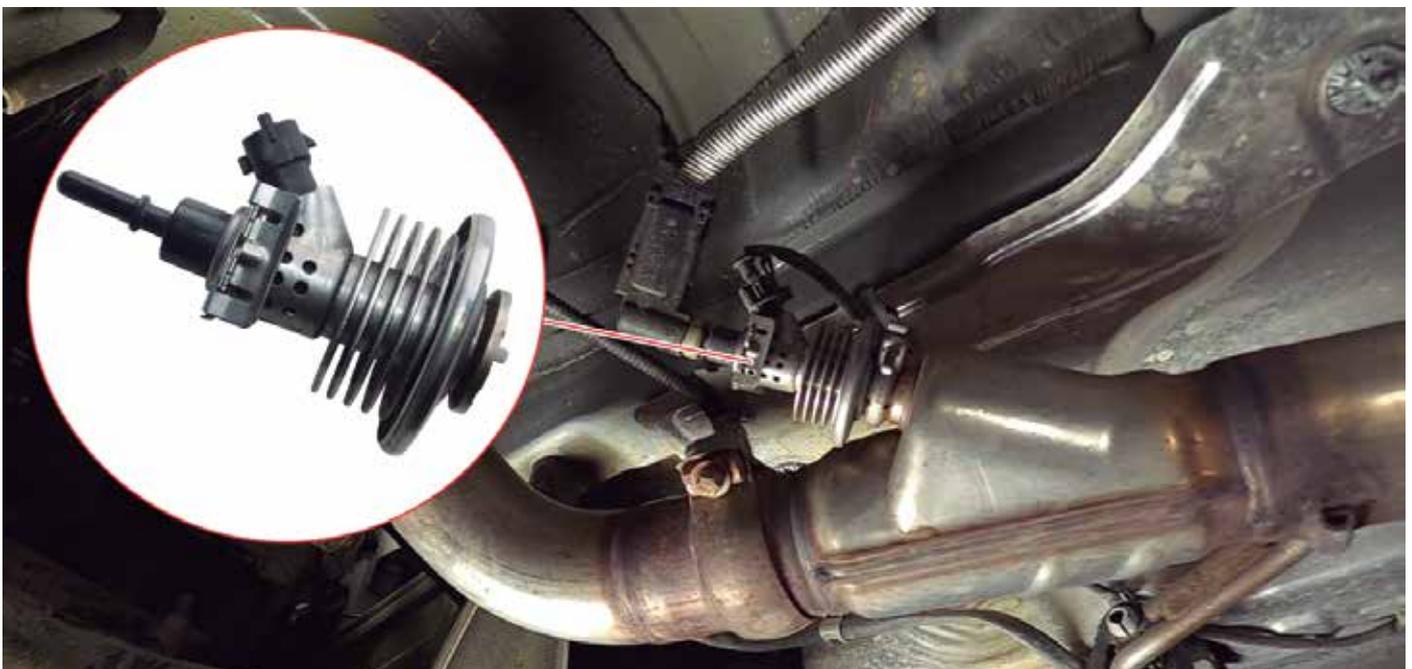
Le réservoir est doté de composants pour le chauffage, pour détecter le niveau de l'agent réducteur et, parfois, d'un module muni d'autres composants du système de dosage de l'agent réducteur.



## Injecteur de l'agent réducteur

Il a pour fonction d'injecter l'agent réducteur dans le débit de gaz d'échappement avant le mélangeur. Il est orienté de sorte que l'agent réducteur soit injecté dans

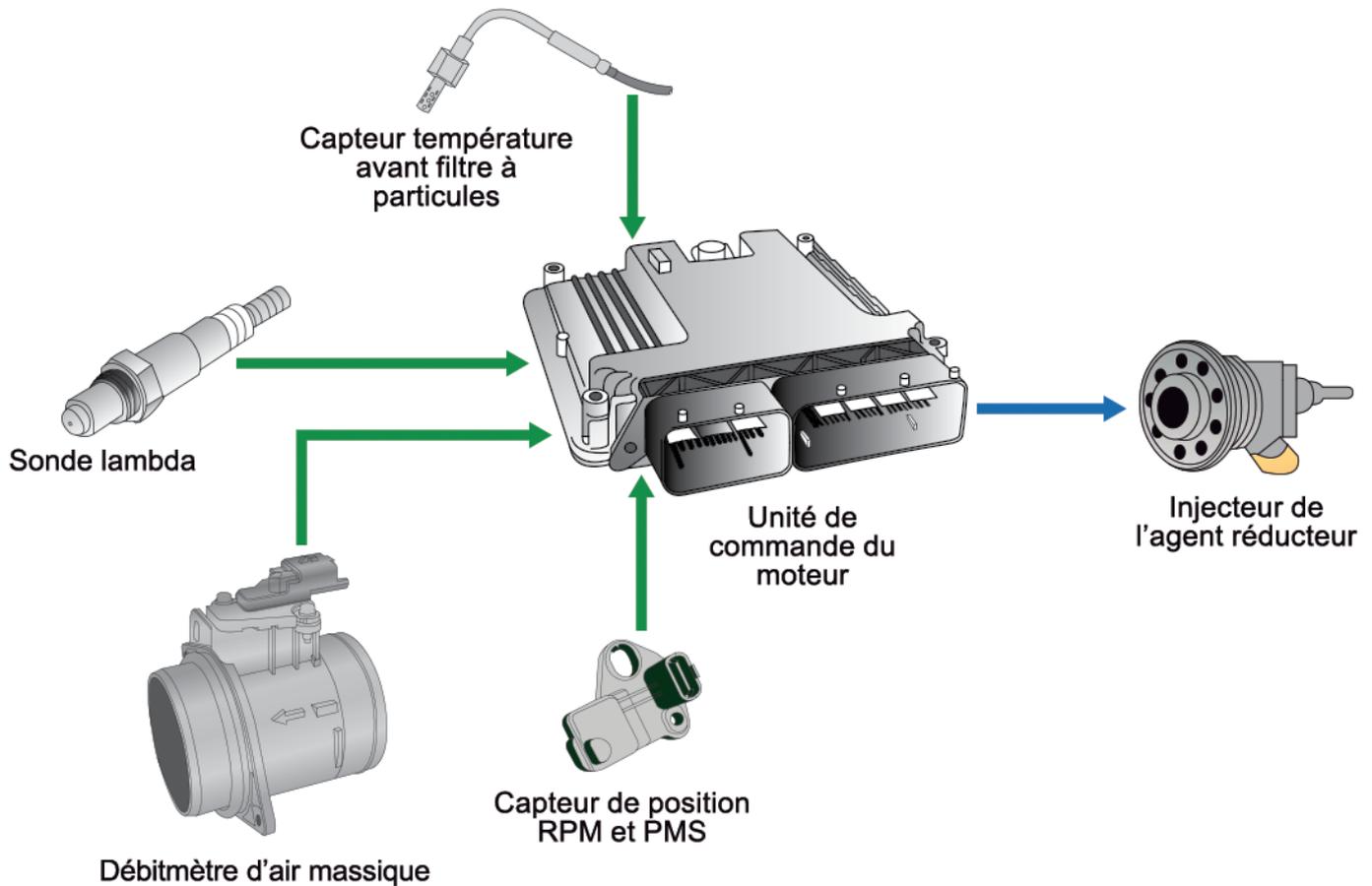
la même direction que les gaz d'échappement, afin d'obtenir un mélange plus homogène.



## Calcul de la quantité d'agent réducteur à injecter

L'unité de commande du moteur calcule la quantité d'agent réducteur à injecter en fonction de trois facteurs principaux qui sont l'état de fonc-

tionnement du moteur, la température des gaz d'échappement et la concentration d'oxydes d'azote après le catalyseur de réduction.

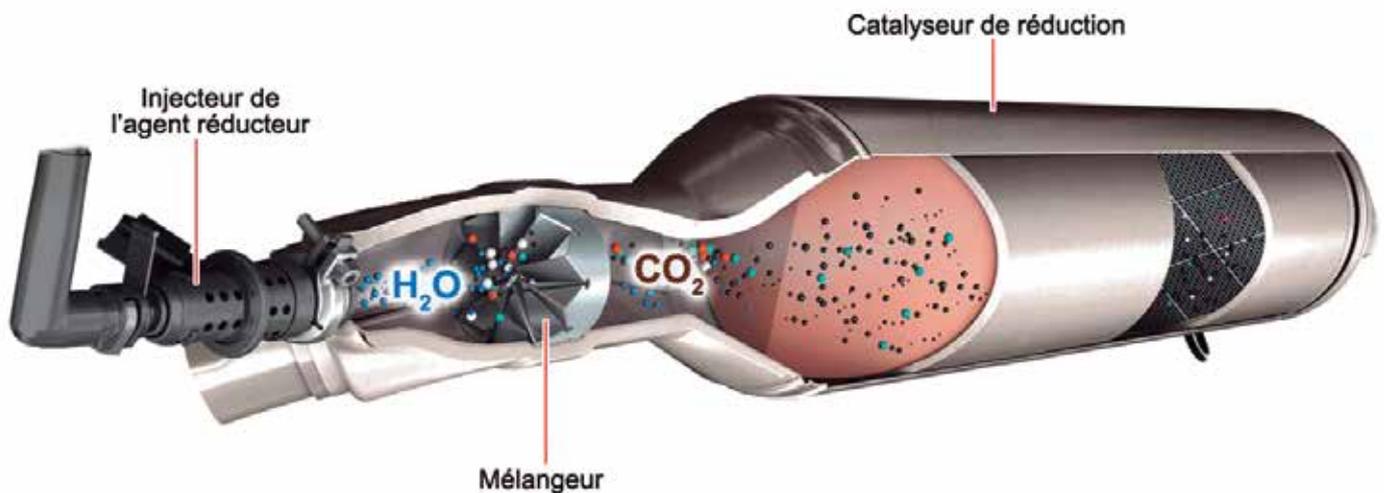


## Partie hydrolytique

Cette phase a lieu dans la partie allant de l'injecteur de l'agent réducteur au catalyseur de réduction. Sur cette partie hydrolytique, un mélangeur est intercalé. En injectant l'agent réducteur et par l'action de la

chaleur des gaz d'échappement, l'eau contenue dans celui-ci s'évapore. Une thermolyse décompose l'agent réducteur en ammoniac et en acide isocyanique.

*Thermolyse : Réaction qui divise un composé en au moins deux autres substances suite à une augmentation de la température.*



Une hydrolyse a ensuite lieu, au cours de laquelle l'acide isocyanique réagit avec l'eau. Lorsque l'agent réducteur arrive à la fin de la partie hydrolytique, il se décompose et forme du dioxyde de carbone et de

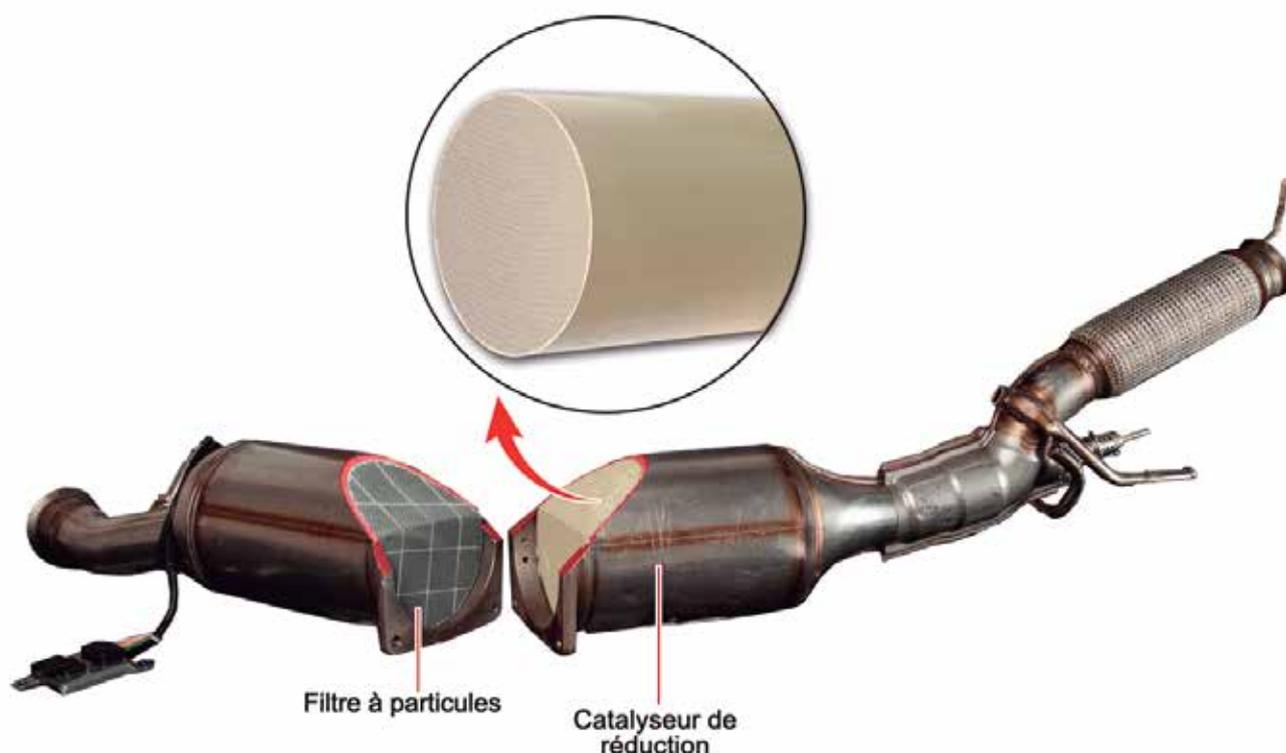
l'ammoniac. L'ammoniac est la substance qui réagit avec les oxydes d'azote dans le catalyseur de réduction. Le  $\text{CO}_2$  est un gaz non toxique.

**Hydrolyse : Réaction chimique entre une molécule d'eau et une autre molécule.**

### Catalyseur de réduction

Il peut être placé avant ou après le filtre à particules. Le catalyseur de réduction fonctionne à partir de 200 °C. À l'intérieur, il est constitué d'un corps céramique avec un revêtement de zéolithe au cuivre, qui forme une structure poreuse composée d'aluminium, de silicium et de cuivre. Les gaz d'échappement et l'ammoniac qui s'est formé dans la partie hydrolytique entrent dans le catalyseur de réduction, où l'ammoniac

réagit avec les oxydes d'azote pour former de l'azote et de l'eau. Cette réaction se produit par le recouvrement de zéolithe au cuivre et, à partir de cela, les gaz en sortie du catalyseur de réduction se composent de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), oxygène ( $\text{O}_2$ ) et azote ( $\text{N}_2$  qui sont tous), des éléments présents dans l'atmosphère de manière naturelle.



### Capteur de NOx

Il est situé à la sortie du catalyseur de réduction. Son fonctionnement est très similaire à celui d'une sonde lambda à large bande et l'intensité électrique de travail est de l'ordre du microampère. C'est pour cette raison qu'il est directe-

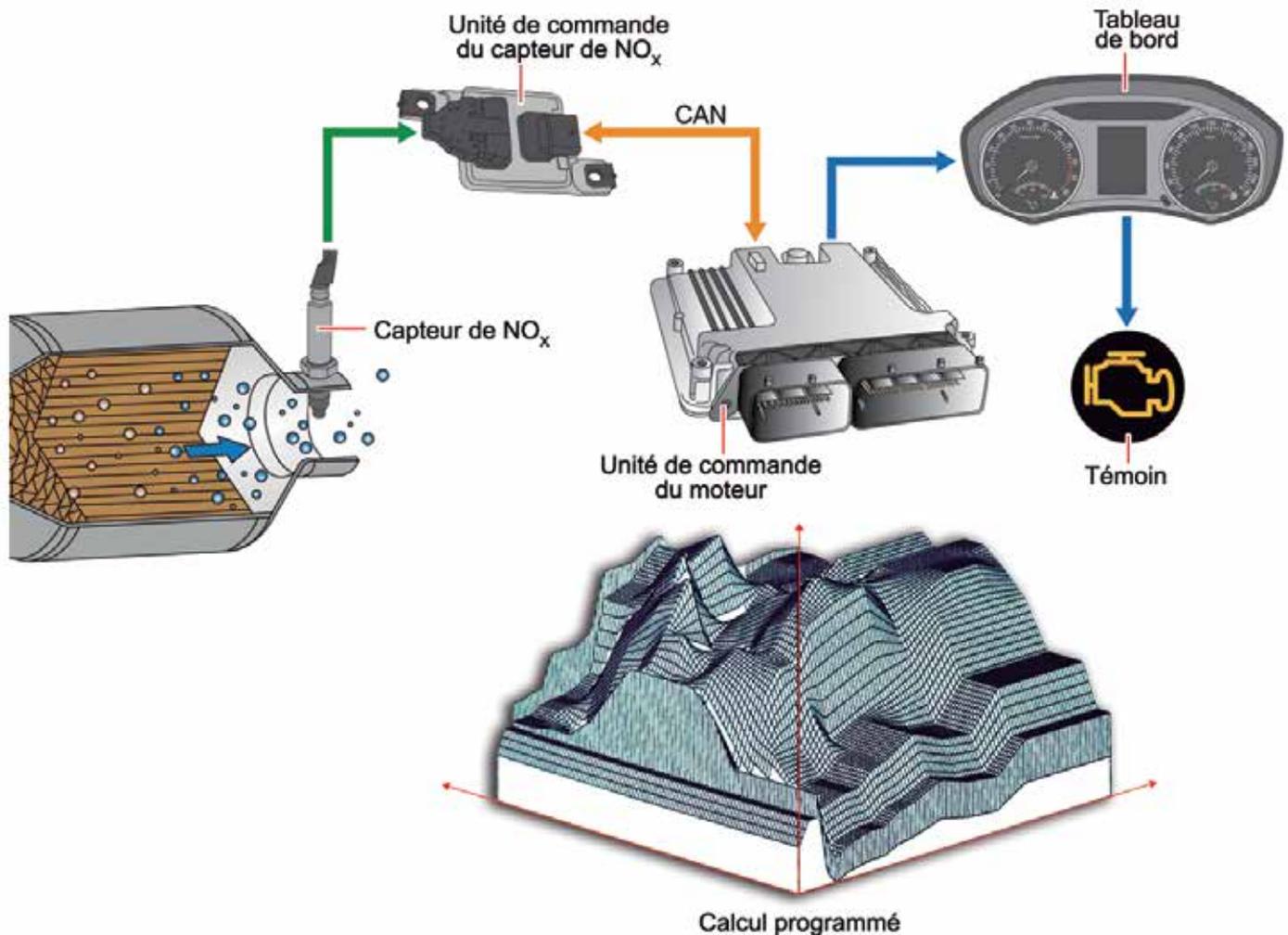
ment relié à l'unité de commande du capteur de NOx, qui est plus proche que l'unité de commande du moteur. La longueur du câble du capteur joue sur l'intensité du signal.



### Unité de commande du capteur de NO<sub>x</sub>

Cette unité contrôle le signal du capteur de NO<sub>x</sub> et le transmet à l'unité de commande via bus CAN, pour calculer le rendement du catalyseur de réduction et surveiller le fonctionnement du système SCR comme une fonction additionnelle du système EOBD de contrôle des dispositifs antipollution.

L'unité de commande du moteur compare la valeur mesurée avec un modèle de calcul programmé. Si le rendement ne correspond pas à celui du modèle programmé, le témoin des émissions d'échappement s'allume.



## EXEMPLES DE FABRICANTS QUI INCLUENT LE SYSTÈME DE RÉDUCTION NOX AVEC ADBLUE

De nombreux fabricants ont incorporé ce système dans leurs véhicules diesel afin de respecter les normes d'homologation, chacun avec une dénomination différente :

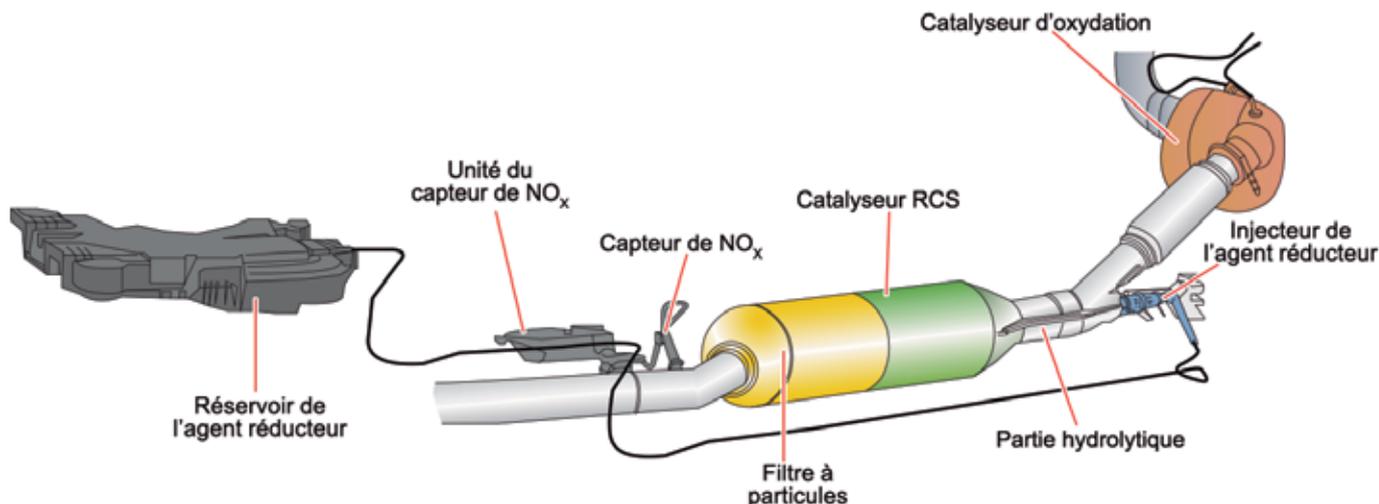
- Groupe PSA « Blue HDI »
- Mercedes Benz « BlueTEC »
- BMW « Blue Performance »
- Bosch « DENOXTRONIC »

Ci-dessous, les premiers exemples sont décrits.

### Groupe PSA, Blue HDI

Il s'agit de l'initiative du groupe PSA pour respecter la réglementation Euro VI en incorporant un système de **réduction catalytique sélective SCR** qui utilise un agent réducteur pour diminuer les émissions d'oxyde d'azote. Il est commercialement dénommé **Blue HDI**, le pre-

mier modèle à incorporer ce système était la Citroën Gran C4 Picasso. La structure de la ligne d'épuration des gaz d'échappement est composée d'un **catalyseur d'oxydation (DOC)**, du **catalyseur SCR** et du **filtre à particules (FAP)**.



Le fonctionnement du système Blue HDI est fondamentalement celui qui a été expliqué dans les chapitres précédents.

- Le liquide AdBlue est injecté dans la ligne d'échappement.
- Le liquide AdBlue injecté se mélange avec les gaz d'échappement et un mélangeur homogénéise le gaz d'échappement avec l'agent pulvérisé.
- Le mélange homogénéisé passe par le catalyseur de réduction SCR où il se convertit en vapeur d'eau ( $H_2O$ ) et en azote ( $N_2$ ) lorsqu'il rencontre les oxydes d'azote accumulés.

Le réservoir utilisé pour l'agent réducteur AdBlue a une capacité de 17 litres normalement.

Dans ce cas, le groupe PSA a opté pour situer le **catalyseur de réduction SCR** au-dessus du filtre à particules et près du collecteur d'échap-

pement, dans le but d'atteindre rapidement sa température de travail. De cette manière, un fonctionnement efficace depuis les premières phases de chauffage du moteur est possible. L'objectif est qu'il soit totalement opérationnel en circulant en ville.

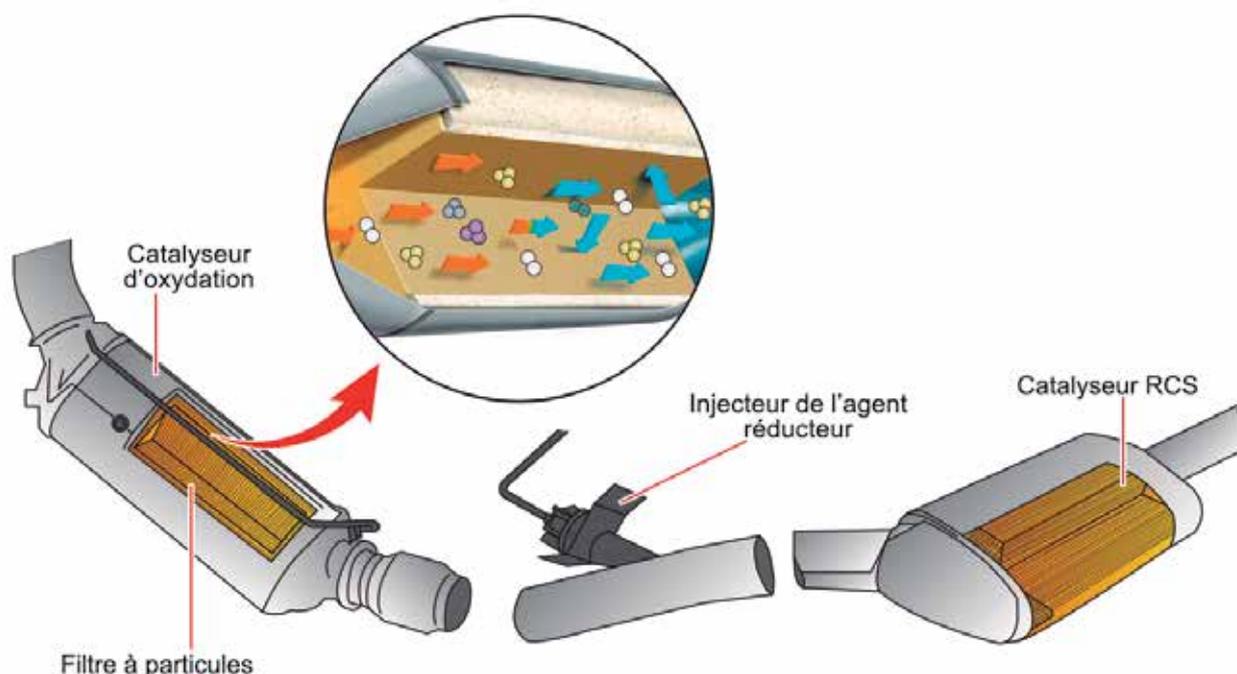
De plus, le groupe PSA offre dans certains de ses modèles Blue HDI la possibilité de combiner le moteur avec le système SCR avec le système **Stop & Start** et un **changement de vitesse automatique** plus efficace dénommé Efficient Tronic Gearbox ETG6. Ces modèles peuvent parvenir à réduire les émissions d'oxydes d'azote NOx de 180 mg/km à 80 mg/km.

La technologie blue HDI est disponible dans les marques Peugeot, Citroën et DS. En règle générale, ils sont parvenus à réduire les NOx de 90% et les émissions de  $CO_2$  entre 2 % et 4 % par rapport aux véhicules diesel conventionnels.

## Mercedes Benz, BlueTEC

Mercedes Benz introduit le système de **réduction catalytique sélective SCR** grâce à l'**agent réducteur AdBlue** dans la gamme de moteurs qu'incorporent les modèles suivant : E350, ML350, GL350 y

R350. La structure du système se compose d'un **catalyseur d'oxydation** avec un **filtre à particules**, un injecteur d'agent réducteur et le **catalyseur de réduction SCR** au final de la ligne d'échappement.



Avant d'utiliser l'injecteur de l'agent réducteur, dans les premiers véhicules avec BlueTEC, un catalyseur accumulateur de NOx (DeNOx) était ajouté entre le catalyseur d'oxydation et le filtre à particules. Il s'agit d'une méthode de réduction d'oxyde d'azote **non sélectif** qui utilise les composants chimiques adéquats des convertisseurs catalytiques. Le **catalyseur DeNOx**, avec le **catalyseur de réduction SCR**, est responsable de réduire les oxydes provenant de la combustion incomplète.

Avec un mélange pauvre, le DeNOx accumule les gaz NOx qui sont ensuite transformés en N<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O pendant la phase de régénération. Avec un mélange riche, de l'ammoniac est généré, qui est stocké dans

le catalyseur SCR et est ensuite consommé pendant le travail avec un mélange pauvre. Le filtre à particules est responsable d'accumuler les particules de suie. Avec un mélange pauvre, les NOx qui ne peuvent pas être accumulés dans le DeNOx sont transformés dans le catalyseur SCR en azote moléculaire et en eau, avec l'intervention de l'ammoniac stocké.

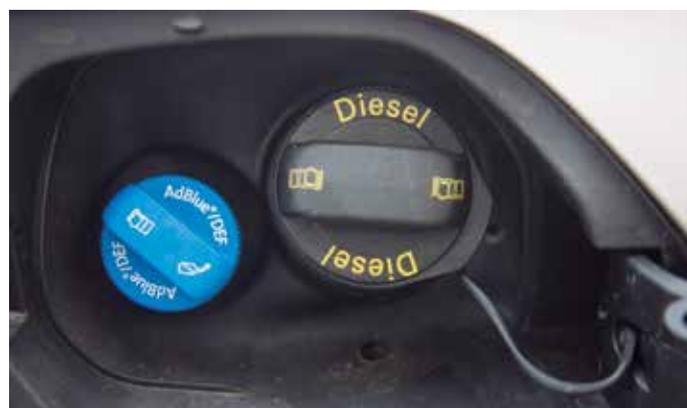
Étant donné que ce système ne permet pas de satisfaire la norme Euro 6 complètement et que son coût est trop élevé, une option plus économique et efficace a été choisie : éliminer le catalyseur DeNOx et utiliser l'injecteur d'AdBlue, pour qu'il injecte directement dans le catalyseur SCR les substances nécessaires pour la réduction du NOx.

## ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE RÉDUCTION NOX AVEC ADBLUE

Dans le but d'assurer le fonctionnement correct du système de réduction NOx avec AdBlue, il faut périodiquement recharger l'agent réducteur. La recharge peut être réalisée par l'utilisateur du véhicule, sans avoir à se déplacer jusqu'au garage, sauf en cas de panne du système. Aucun type de reset ni de remise à zéro pour diagnostic n'est nécessaire, car il existe un capteur de niveau réel.

Selon la **réglementation antipollution Euro V**, les véhicules qui utilisent un **agent ou un additif** pour le traitement des gaz d'échappement **doivent bloquer la mise en marche du moteur** dans le cas où cet agent vient à manquer ou en cas de panne qui augmente les niveaux d'émissions au-dessus de ceux stipulés dans la réglementation.

Le système est programmé pour envoyer une alerte sonore et visuelle au conducteur suffisamment à l'avance et avec insistance à travers le tableau de bord. De cette manière, l'utilisateur pourra recharger l'agent réducteur avant que l'unité de contrôle n'empêche pas la mise en marche du moteur.



### Indications du tableau de bord

- **Indication de faible niveau d'agent réducteur AdBlue.** Indique également l'autonomie restante en kilomètres en fonction de l'agent réducteur restant dans le réservoir.
- **Indication d'absence d'agent réducteur AdBlue.** Indique le besoin de recharger l'agent AdBlue. La mise en marche du véhicule après son arrêt sera impossible jusqu'au rechargement de l'agent réducteur. Il y a des équipements de diagnostic qui permettent d'annuler le blocage de la mise en marche du moteur en permettant de conduire sur 50 km supplémentaires.
- **Indications concernant les possibles pannes dans les systèmes SCR.** En fonction de la nature de la panne, le système SCR est programmé pour permettre le fonctionnement du moteur de manière limitée avant de bloquer la mise en marche du moteur ou interdire directement la mise en marche du moteur une fois arrêté.



Recharge AdBlue  
Autonomie  
2 400 km



Vérifier AdBlue  
Le moteur ne  
démarrera plus dans  
1 000 km.



Recharge AdBlue.  
Démarrage du  
moteur impossible

# Eure!Car<sup>®</sup>

CERTIFIED MASTERCLASSES

# techn

# auto



**bilstein**group<sup>®</sup>



**SWAG**



**BOSCH**



**brembo**



**KYB**  
Our Precision, Your Advantage

**MAHLE**

**PHILIPS**

**SCHAEFFLER**

**SKF**<sup>®</sup>



Brand of NTN corporation

# Technical education for professional automotive repairers

[www.eurecar.org](http://www.eurecar.org)





## Un œil sur la technologie automobile

La newsletter Eure!TechFlash entend compléter le programme de formation d'ADI, Eure!Car, et s'est fixé une mission bien précise :

fournir une connaissance technique actuelle des innovations au sein du secteur automobile.

Avec l'assistance technique de l'AD Technical Centre (Espagne) et des principaux fabricants de pièces, Eure!TechFlash vise à démystifier les nouvelles technologies pour les rendre transparentes, afin d'encourager les réparateurs professionnels à emboîter le pas de la technologie et pour les motiver à investir en permanence dans leur formation technique.

Eure!TechFlash paraîtra 3 à 4 fois par an.

**Eure!Car**  
CERTIFIED MASTERCLASSES

Le niveau de compétence technique d'un mécanicien est vital, et sera sans aucun doute décisif pour la survie future du

Le programme Eure!Car comprend une liste détaillée de formations techniques de pointe pour les réparateurs professionnels, dispensées par les partenaires nationaux d'AD et leurs distributeurs de pièces dans 48 pays.

réparateur professionnel.

Eure!Car est une initiative d'Autodistribution International, dont le siège est établi à Kortenberg, en Belgique ([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com)).

Visitez le site [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) pour plus d'informations ou pour découvrir toutes les formations proposées.

### industrial partners supporting Eure!Car



## Advanced Driving Assistance Systems



**Mention restrictive:** les informations reprises dans ce guide ne sont pas exhaustives et sont données à titre uniquement informative. Elles n'engagent pas la responsabilité de leur auteur.