

Le catalyseur

Le talon d'Achille du système d'échappement

par Christian Haentjens, Formateur et Auteur des Editions Techniques

Les voitures récentes munies d'un système d'échappement « résistant à la corrosion » vieillissent. Celui-ci a de plus en plus de mal à résister aux assauts de nos hivers et de nos routes. Les travaux de réparation de systèmes d'échappements, qui avaient déserté nos ateliers, menacent donc de reprendre leur place, et c'est une bonne chose, car ce sont des « jobs payantes ». Mais attention! Le système d'échappement n'est plus l'affaire « low-tech » d'autrefois, grâce, notamment, au catalyseur au platine, qui fait d'ailleurs l'objet de tant de vols, ces temps-ci.

Désormais, le système d'échappement ne sert pas seulement à évacuer les gaz de la combustion et à atténuer le bruit de celle-ci. C'est aussi un outil sophistiqué de limitation des émissions polluantes.

Pour satisfaire aux normes antipollution et aux exigences de la réglementation OBD II (On-Board Diagnostics) de deuxième génération, les véhicules sont équipés de convertisseurs catalytiques trifonctionnels (*three way catalytic converter* – TWC), appelés communément « catalyseur ». Ces objets coûteux, quand vient le temps de les remplacer, réduisent les émissions d'hydrocarbures, d'oxydes de carbone et d'oxydes d'azote. En principe, le catalyseur dure toute la vie du véhicule, ce qui en fait l'une des pièces les plus durables et les plus fiables de tout le système d'échappement.



Le volume des émissions dépend du rapport air/carburant. Sans convertisseur catalytique trifonctionnel, les gaz toxiques seraient libérés dans l'atmosphère. Le catalyseur se charge de transformer ces gaz nocifs en d'autres gaz moins nocifs comme le dioxyde de carbone (CO₂), l'eau (H₂O) et l'azote (N₂).

L'usure normale du véhicule ou les ratés d'allumage peuvent entraîner une diminution de l'efficacité du convertisseur catalytique trifonctionnel. La fusion de son noyau de céramique peut réduire le conduit d'échappement et ainsi, augmenter les émissions du véhicule et réduire le rendement du moteur ainsi que sa maniabilité, tout en augmentant la consommation de carburant.

Propriétés chimiques des matériaux du catalyseur

Le convertisseur catalytique trifonctionnel est un élément qui est installé en aval du collecteur d'échappement pour aider à oxyder (brûler) les carburants (hydrocarbures - HC) non brûlés et le carburant partiellement brûlé (monoxyde de carbone - CO) résiduels du processus de combustion.

Pour cela, la température requise (environ 315 °C) et les matériaux précieux contenus dans le convertisseur catalytique trifonctionnel (platine, palladium, rhodium, alumine ou cérium) doivent réagir avec les gaz d'échappement pour oxyder (brûler) les HC et le CO; cette oxydation convertit les gaz polluants en gaz non polluant ou en produits moins polluants, comme le dioxyde de carbone (CO₂) et l'eau (H₂O).

Les convertisseurs catalytiques trifonctionnels réduisent également les oxydes d'azote (NO_x) en les convertissant en gaz moins polluants. À vitesse de croisière à ouverture fixe du papillon, le module de commande du groupe motopropulseur (*powertrain control module* — PCM) fait varier la richesse du mélange entre légèrement riche (environ 15:1) et légèrement pauvre (environ 14:1). De cette manière, le module de commande du groupe motopropulseur s'assure que le convertisseur peut catalyser efficacement les NO_x. Le NO_x réagit avec le CO pour former de l'azote (N₂).

Les matériaux d'alumine ou de cérium, qui se trouvent dans le convertisseur catalytique trifonctionnel lors d'un cycle de combustion à mélange pauvre (décélération avec coupure d'essence par exemple), peuvent également emmagasiner l'oxygène (O₂) et émettre cet oxygène au besoin pour oxyder les HC et le CO lors d'un cycle de combustion plus riche (forte accélération par exemple). Dans les véhicules automobiles antérieures, on avait recours à un apport d'air secondaire à cette fin.

Sondes à oxygène de pré-catalyseur et de post-catalyseur

Le système d'échappement est, également, pourvu de sondes à oxygène chauffées (*heated oxygen sensor* – HO₂S), une en amont et l'autre en aval du convertisseur catalytique trifonctionnel (parfois plusieurs, selon le nombre de cylindres et la configuration du moteur, ou le nombre de catalyseurs installés sur le système d'échappement).

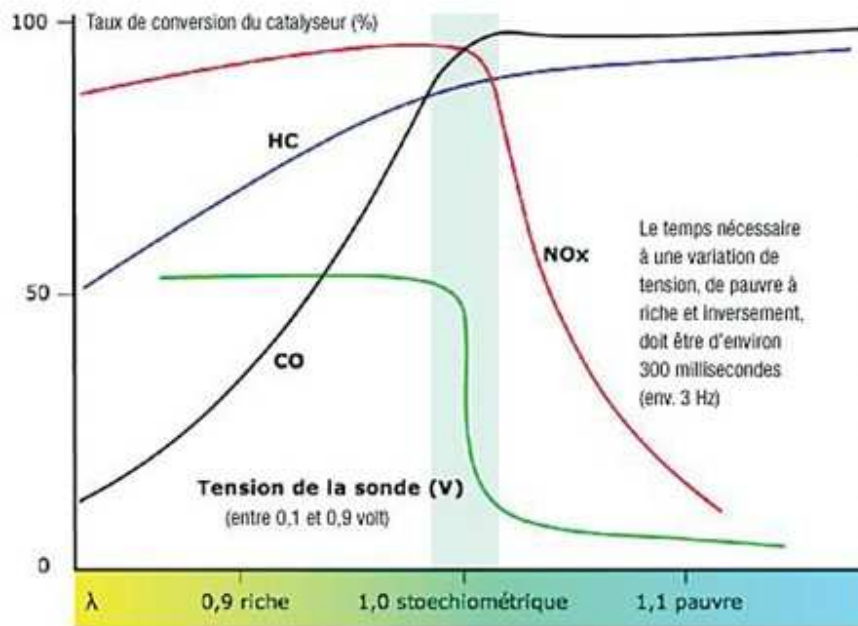
Principe des sondes à oxygène et efficacité du catalyseur

Le principe des sondes à oxygène de pré-catalyseur et de post-catalyseur repose sur le fait que la diminution d'efficacité du catalyseur réduit également la capacité de stockage d'oxygène et le rendement. En surveillant la capacité d'emmagasinage de l'oxygène d'un catalyseur, son rendement peut être calculé indirectement. Ainsi, la sonde à oxygène en amont est utilisée pour détecter la teneur en oxygène des gaz d'échappement avant qu'ils ne pénètrent dans le convertisseur catalytique trifonctionnel. Le module de commande du groupe motopropulseur calcule le mélange air-carburant à partir du signal de tension de sortie de cette première sonde à oxygène, appelée aussi «sonde Lambda ». Une tension basse indique une teneur élevée en oxygène (mélange pauvre). Une tension élevée indique une teneur basse en oxygène (mélange riche).

Quand la sonde à oxygène de pré-catalyseur détecte que le mélange est pauvre, l'oxygène est abondant dans les gaz d'échappement. Un convertisseur en bon état emmagasine cet oxygène afin de l'utiliser pour l'oxydation des hydrocarbures et de l'oxyde de carbone. Étant donné que le convertisseur absorbe l'oxygène, celui-ci manque en aval du convertisseur. Le signal de tension de sortie de la sonde d'oxygène en aval, appelée aussi «capteur de rendement du convertisseur catalytique», indique une activité limitée dans cette situation.

Quand le catalyseur perd sa capacité de stockage d'oxygène, la situation peut être détectée par le comportement de la sonde à oxygène de post-catalyseur. Lorsque l'efficacité diminue, aucune réaction chimique ne se produit. Cela signifie que la concentration de l'oxygène sera la même en aval et en amont du catalyseur. Ainsi, la fréquence du signal de tension de sortie de la sonde d'oxygène en aval indique la même fréquence de signal de tension que la sonde en amont. L'unique différence est le retard (détecté par le module de commande du groupe motopropulseur) entre la commutation des deux sondes à oxygène.

Pour surveiller le système, le nombre de commutations pauvre-riche des sondes à oxygène en amont et en aval du catalyseur est comptabilisé par le microprocesseur du module de commande du groupe motopropulseur. Le rapport des commutations en aval par rapport aux commutations en amont sert à déterminer si le catalyseur fonctionne correctement. Un catalyseur efficace présente moins de commutations en aval qu'en amont, c'est-à-dire un rapport plus proche de zéro (basse fréquence de commutation). Quand un catalyseur est totalement inefficace, ce rapport passe à 1/1, ce qui indique qu'aucune oxydation ne se produit dans le dispositif. C'est pourquoi, le système doit être surveillé afin que la diminution du rendement du catalyseur et l'augmentation des émissions à l'échappement au-delà des limites légales fassent allumer le témoin d'anomalie (*malfunction indicator lamp* – MIL).



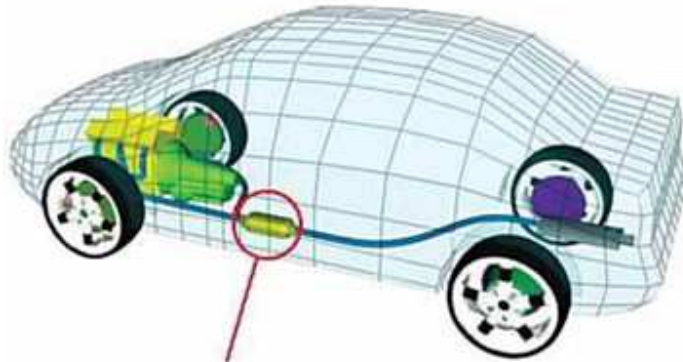
Surveillance de rendement du catalyseur

Pour surveiller le rendement du catalyseur, le module de commande du groupe motopropulseur écarte les points de commutation riche/pauvre de la sonde à oxygène en amont. Grâce à cela, le mélange air-carburant devient plus riche et plus pauvre pour surcharger le convertisseur catalytique. Une fois l'essai commencé, le mélange air-carburant devient riche et pauvre et les commutations de sonde à oxygène sont comptabilisées par le microprocesseur du module de commande du groupe motopropulseur. Une commutation est comptabilisée lorsqu'un signal de sonde à oxygène passe d'une valeur inférieure au seuil de mélange pauvre à une valeur supérieure au seuil de mélange riche. Le nombre de commutations de sonde à oxygène arrière est divisé par le nombre de commutations de sonde à oxygène avant pour déterminer le rapport de commutation. L'essai dure environ 20 secondes.

Quand le rendement du catalyseur diminue au fil du temps, le taux de commutation de la sonde à oxygène en aval se rapproche de celui de la sonde à oxygène en amont. Si, à un moment quelconque de la période d'essai d'un trajet*, le rapport de commutation atteint une valeur prédéterminée, un compteur est incrémenté de un. La surveillance est alors activée pour effectuer un autre essai pendant ce trajet. Quand l'essai échoue à trois reprises, le compteur est incrémenté par trois, un code d'anomalie (*diagnostic trouble code* – DTC) est alors mémorisé et une image figée (*freeze frame*) est enregistrée. Si le compteur est incrémenté par trois pendant le

trajet suivant, le code en cours est mémorisé et le témoin d'anomalie s'allume. Si l'essai réussit la première fois, aucun essai ultérieur n'est réalisé pendant ce trajet.

Le témoin d'anomalie s'éteint après trois trajets consécutifs corrects. Le critère d'un bon trajet pour une surveillance du catalyseur est plus strict que pour une panne. Pour réussir l'essai et ajouter un point au compteur de bon trajet, le taux de commutation de sonde en aval doit être inférieur de 80 % au taux de commutation en amont (60 % pour les boîtes de vitesses manuelles). Les taux d'échec sont respectivement de 90 % et 70 %.

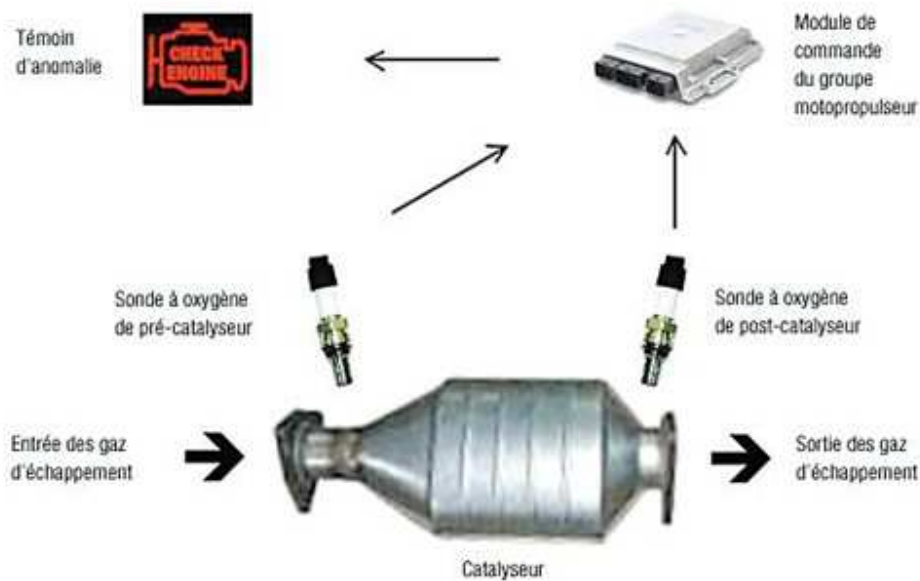


Convertisseur catalytique trifonctionnel

Conditions d'activation du test de rendement du catalyseur

Les conditions suivantes doivent être réunies pour que le module de commande du groupe motopropulseur lance la surveillance du catalyseur :

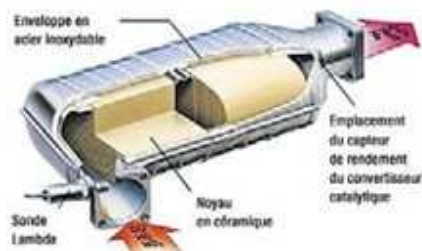
- temps de conduite cumulé
- temps d'activation
- température de l'air extérieur
- pression barométrique
- compteur de réchauffage du catalyseur
- température du liquide de refroidissement
- accumulation des valeurs du capteur de position du papillon
- vitesse du véhicule
- pression absolue de la tubulure d'admission
- régime du moteur
- fonctionnement du moteur en boucle fermée
- niveau de carburant



Conditions d'interruption au test de rendement du catalyseur

La surveillance de catalyseur s'interrompt si l'une des conditions suivantes est détectée :

- codes d'anomalie de ratés d'allumage
- réaction de sonde à oxygène avant
- surveillance de dispositif de chauffage de sonde à oxygène avant
- circuit électrique de sonde à oxygène avant
- pertinence de sonde à oxygène arrière (vérification intermédiaire)
- surveillance de dispositif de chauffage de sonde à oxygène arrière
- circuit électrique de sonde à oxygène arrière
- surveillance du circuit d'alimentation en carburant
- tous défauts de pression absolue de la tubulure d'admission
- tous défauts du capteur de température du liquide de refroidissement
- fonctionnalité du solénoïde du débit de purge des vapeurs de carburant
- circuit électrique du solénoïde du débit de purge des vapeurs de carburant
- tous défauts d'autodiagnostic du module de commande du groupe motopropulseur
- tous défauts de capteurs de position de l'arbre à cames et du vilebrequin
- tous défauts électriques d'injection et d'allumage
- capteur de vitesse du véhicule
- contacteur de frein
- température de l'air d'admission



Conditions de conflits envers le test de rendement du catalyseur

La surveillance de catalyseur ne fonctionne pas si l'une des conditions suivantes est réalisée :

- surveillance de la recirculation des gaz d'échappement en cours
- essai de richesse d'alimentation en cours
- surveillance d'évaporation en cours
- moins de 60 secondes écoulées depuis le démarrage
- bas niveau de carburant
- basse température de l'air extérieur

Conditions de suspensions au test de rendement du catalyseur

Le gestionnaire de tâches ne mémorise pas de défaut en cours du catalyseur dans les situations suivantes :

- surveillance de sonde à oxygène, priorité 1
- dispositif de chauffage de sonde à oxygène pré-catalyseur, priorité 1
- surveillance du dispositif de recirculation des gaz d'échappement, priorité 1
- surveillance du dispositif de recyclage des vapeurs de carburant, priorité 1
- surveillance du circuit d'alimentation en carburant, priorité 2
- surveillance de ratés d'allumage, priorité 2

Causes de détérioration du catalyseur

Si le catalyseur a besoin d'être remplacé, l'une des situations suivantes en est probablement la cause:

- Moteur mal réglé ou pas au point
- Carburant dans le système d'échappement
- Huile ou antigel dans le système d'échappement
- Dommages routiers ou supports brisés

N'oubliez pas que le remplacement du catalyseur n'élimine pas les causes de défaillance. Un problème qui persiste pourra entraîner à plus ou moins court terme le bris du nouveau catalyseur.

**Un «trajet» se définit de la manière suivante: le démarrage du moteur, le réchauffement du moteur jusqu'à ce que le module de commande du groupe motopropulseur adopte un cycle de fonctionnement à «boucle fermée» (modifiant la durée d'injection en fonction de la rétroaction de la sonde à oxygène de pré-catalyseur) et l'arrêt du moteur.*

This article is displayed by kind permission of the author, Christian Haentjens, an automotive engineer and trainer, and author of "Editions Techniques" available as downloads on this site. This article first appeared in the August 2008 edition of L'automobile, published in Canada.