

Le casse-tête technologique



Moteur Moderne (groupe AVL) assiste les constructeurs dans l'ensemble de leur problématique de réduction des rejets polluants

La mise en vigueur de la norme Euro 6 en 2012 pour les véhicules neufs oblige les constructeurs à remettre en question la conception de leurs véhicules diesels et le moins que l'on puisse dire, c'est que le problème est complexe. Les options technologiques ne manquent pas et un choix stratégique doit être fait entre les différents scénarii techniques et économiques. Au-delà de tout ceci, les constructeurs se posent en ce moment cette question encore plus cruciale : comment concevoir un diesel propre qui restera économiquement attractif ?

Des normes qui iront encore plus loin

A la différence du moteur à essence, le moteur diesel réalise une combustion sans allumage. C'est sous l'effet de la pression que le mélange air/gasoil s'enflamme. Le rendement obtenu est meilleur de 20 à 30%, mais ce moteur a l'inconvénient de produire beaucoup plus de NOx, ce qui pose problème vis-à-vis des nouvelles normes. En effet Euro 5 impose une réduction de 0,25g/km aujourd'hui à 0,18g/km. Elle sera en vigueur en 2009 pour les véhicules neufs. Euro 6 ira plus loin (effectif en 2012 pour les véhicules neufs) en portant le rejet maximal à 0,08g/km. Les NOx sont formés par ionisation puis combinaison de l'azote et de l'oxygène contenus dans l'air, sous haute température. En ce qui concerne le deuxième polluant spécifique au diesel, les particules, notons que Euro 5 a fixé des normes de rejets considérablement réduites par rapport à EURO IV, et qui imposent la généralisation du filtre à particules. Le niveau d'émission de particules autorisé n'est pas réduit dans la norme EURO 6.

La palette de solutions de réduction de NOx est très large. On peut citer deux voies : l'optimisation de la combustion (jusqu'ici privilégiée par les constructeurs) et les systèmes de post-traitement.

Ces dernières années, les constructeurs ont énormément amélioré la combustion. Tout d'abord, tous ont adopté les systèmes de suralimentation (turbocompresseurs). Là, le problème ne s'est pas trop posé car cette amélioration n'avait pas vraiment d'inconvénient. Le

surcoût du Turbo se justifiant par un gain pour le conducteur en terme de rendement et de plaisir de conduite. Le turbo a permis de réduire aussi les dimensions des moteurs. L'avantage procuré est une réduction simultanée des émissions CO2 et NOx. Ensuite, les procédés d'injection ont été nettement améliorés. Les nouvelles générations d'injecteurs piezo-électriques, par exemple, permettent d'une part d'améliorer le mélange air/carburant grâce à une pression d'injection allant jusqu'à 2000 bar et d'autre part de fractionner l'injection (jusqu'à 6 et bientôt 8 injections par cycle) grâce à des temps de commutation proches de la milliseconde. Des stratégies d'injection progressives permettent ainsi de mieux contrôler l'élévation de température ou de mieux réaliser la combustion. Nous aboutissons ainsi à des systèmes très sophistiqués où des capteurs sont à présent intégrés dans les cylindres afin de contrôler le moteur en boucle fermée. En complément, la totalité des constructeurs ont adopté l'EGR (Exhaust Gas Recirculation). Le principe est de réinjecter dans les cylindres une partie des gaz

Des avancées en terme d'EGR

déjà brûlés pour introduire un gaz neutre qui va réduire l'excès d'oxygène. Les dernières avancées en matière d'EGR sont le refroidissement (pour augmenter la quantité d'EGR pouvant être admise dans les cylindres et abaisser encore la température de combustion) et l'EGR "basse pression". Dans ce dernier cas, les gaz d'échappement sont comprimés dans le turbo-compresseur afin de pouvoir injecter une plus grande quantité de gaz neutre dans le

cylindre. Ces techniques dans leur ensemble ont un avantage, elles sont raisonnables du point de vue économique, mais elles ont un inconvénient : elles abaissent le rendement du moteur. " Toute diminution des émissions de NOx en sortie du moteur se fait au détriment du rendement et donc du taux de CO2 et de la consommation. " explique Jean-Charles Ricaud, chef de projet Ingénierie Diesel chez Moteur Moderne, un leader des concepteurs de moteurs dans le monde. Pour Euro 6, il sera possible théoriquement d'être conforme aux normes de rejet de NOx sans post-traitement pour une grande partie des véhicules, mais cette voie ne semble pas être privilégiée par les constructeurs qui préfèrent adjoindre un post-traitement, afin de régler la combustion pour émettre peu de CO2, bien qu'il soit plus cher. De nouvelles normes européennes pénalisant les véhicules à forte émission de CO2 sont en effet en préparation.

Là encore, en ce qui concerne le post traitement, plusieurs solutions se proposent aux constructeurs et chacune a ses avantages et ses inconvénients. Le SCR (Selective Catalytic Reduction) est sous doute la plus efficace. Les NOx sont réduits en N2 par une injection de NH3 vaporisée (contenu dans un mélange à base d'urée appelé AdBlue).

Post traitement : plusieurs solutions

L'inconvénient de ce système est son coût et le fait qu'il faille remplir le réservoir d'Adblue à des intervalles réguliers. Ils devraient correspondre aux intervalles d'entretien des véhicules, mais on ajoute au véhicule un système chimique fermé avec ses risques de pannes... L'alternative est le NOx Trap, qui ne nécessiterait aucune maintenance. Il est moins efficace mais plus économique, et s'adapterait à des véhicules de plus petite taille. Il existe néanmoins une technique qui fait la synthèse de ces deux dernières : il s'agit d'un NOx trap associé à un SCR. Celui-ci plutôt que de se servir d'urée comme réactif de base, utilise le NH3 produit par une partie des Nox, piégés dans le Nox trap. Les avantages sont évidents : efficacité et surtout plus de nécessité de remplir son réservoir d'urée. L'inconvénient est le coût, la complexité de cette technologie, et le fait qu'elle doive être adaptée à une motorisation spécifique, alors qu'un SCR conventionnel peut fonctionner avec une grande variété de moteurs. Ces techniques peuvent aussi générer une surconsommation, par exemple le Nox trap nécessite un cycle chaud (tous les 500 à 1000km) pour

des moteurs diesel propres

réduire les Nox stockés. C'est aussi le cas pour le filtre à particules.

Le diesel connaît aussi un surcoût lié à l'OBD (On Board Diagnostic). Ce dispositif, imposé par la législation, vise à contrôler le bon fonctionnement de tous les dispositifs anti-pollution (EGR, systèmes de post-traitement...) présents sur le moteur. Ce contrôle se fait en permanence, pendant le fonctionnement du moteur, par le calculateur. Il nécessite d'importants moyens électroniques (capteurs, traitement du signal, programmation de stratégies...). Il représentera de 5 à 10% du coût du moteur. "Aucune solution de réduction de la pollution, n'est réellement efficace seule", explique Jean-Charles Ricaud.



Banc monocylindre pour tests de rejet

"Le processus d'injection, l'EGR, les systèmes de post-traitement interagissent et doivent être conçus dans une logique de système". On va donc vers une combustion intégralement contrôlée électroniquement en temps réel. "Le moteur moderne a le rôle d'optimiser un système global EGR : injection - chambre de combustion - post-traitement, et de calibrer l'ensemble par des tests", explique Pierre-Yves Geels, Directeur Général de Moteur Moderne.

Rares sont les constructeurs qui n'envisagent pas sérieusement chacune de ces possibilités. Les scénariis sont multiples en

fonction de la taille des véhicules et les normes Euro 6 ne sont pas encore définies précisément, tant sur les moyens de

Un surcoût difficile à estimer

contrôle des émissions montants de rejets que le type de test. Le surcoût à envisager n'est lui-même pas facile à estimer. Aujourd'hui, un diesel vert vaudrait environ 2000 € de plus. "Nous espérons que ce coût se réduira à moins de 1000 € d'ici Euro 6" explique Hartmut Hoffman, responsable de la communication technique de VW. Ajoutons que l'amélioration des systèmes de transmission et l'optimisation des pneumatiques sont aussi des axes de recherches effectifs et importants. Les technologies HCCI ou PCCI ne seront en revanche sans doute pas disponibles. Le principe est de réaliser le mélange air carburant avant l'introduction dans le cylindre. L'avantage est théoriquement d'avoir une meilleure qualité de combustion à des températures bien plus faibles. On a donc ainsi quasiment plus de NOx. Ce type de motorisation demande une gestion électronique très fine et les modèles proposés aujourd'hui ne sont malheureusement pas encore capables de gérer les hauts régimes. De même, les véhicules qui offrent une transition à haut régime sur une combustion classique génèrent encore des fortes vibrations.

Reste encore un problème épineux : le CO2. Le projet de norme vise aujourd'hui à pénaliser le g/km de CO2 rejeté au-delà de 120 g/km de 20€ en 2012, jusqu'à 95€ en 2015. En l'état actuel, un véhicule haute gamme pourrait être taxé de 5000 €! Tous les constructeurs ne partent pas d'ailleurs à égalité. La moyen

L'épineux problème du CO2

ne de rejet de la flotte de BMW approche 190 g/km, alors que PSA ou Renault sont plutôt vers 130 à 140 g/km. Tous les constructeurs n'ont donc pas la même marge de manœuvre pour jouer sur l'optimisation du moteur pour réduire les NOx. D'ailleurs, certains constructeurs comme Volkswagen ne s'en cachent pas. Le maximum a été fait d'après eux. Aujourd'hui, si la firme souhaite offrir des véhicules diesel attractifs,

ils devront contenir un système de post-traitement, au risque d'être trop consommateurs ou de ne plus offrir de plaisir de conduite. Le pire scénario serait d'après elle, de brider les régimes moteurs ou de diminuer la puissance du moteur pour rester conforme en CO2.

Une dernière solution existe : l'hybride diesel. A l'image de ce que fait Toyota avec la Prius, mais avec un moteur essence, le diesel peut être couplé avec un moteur électrique pour rejeter moins de CO2 dans l'atmosphère. Cette technique permet aussi de récupérer l'énergie du freinage en énergie électrique qui servira à la propulsion. Cette solution paraît coûteuse à certains constructeurs : au coût du diesel, s'ajouterait le coût du post-traitement et celui de la motorisation électrique ! En revanche, il paraît vraisemblable que l'on aura des types de motorisation adaptés à l'utilisation des véhicules. Pour des trajets urbains, nous utiliserons certainement des véhicules électriques, alors que pour de l'autoroute la combustion conventionnelle restera la norme. "De nouveaux véhicules apparaissent, mais il semble que ces multiples technologies, électrique, hybride diesel et diesel vont coexister" conclut le Dr Kronen de la communication technique chez Volkswagen.

Dans un contexte où le prix du diesel se rapproche de celui de l'essence, les constructeurs voient les performances du moteur essence offrir de plus en plus d'intérêt. La différence de consommation tend en effet à s'amenuiser du fait des surconsommations dues aux post-traitements et aux mesures de réduction de formation de NOx dans les cylindres. En outre la difficulté de concevoir un diesel propre, s'ajoute le fait que les constructeurs semblent de moins en moins motivés pour investir dans cette technologie. Seule bonne nouvelle, le marché américain des moteurs diesel pourrait décoller en raison de son attractivité en terme de consommation. Les normes y sont sans doute encore plus difficiles, mais cela pourrait permettre d'élargir le potentiel de ce marché. Les constructeurs allemands y proposent déjà toute une gamme de véhicules...

Moteur Moderne

