

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 70 (2008)
Heft: 11

Artikel: Technique moderne des moteurs diesel
Autor: Stirnimann, Roger
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086103>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

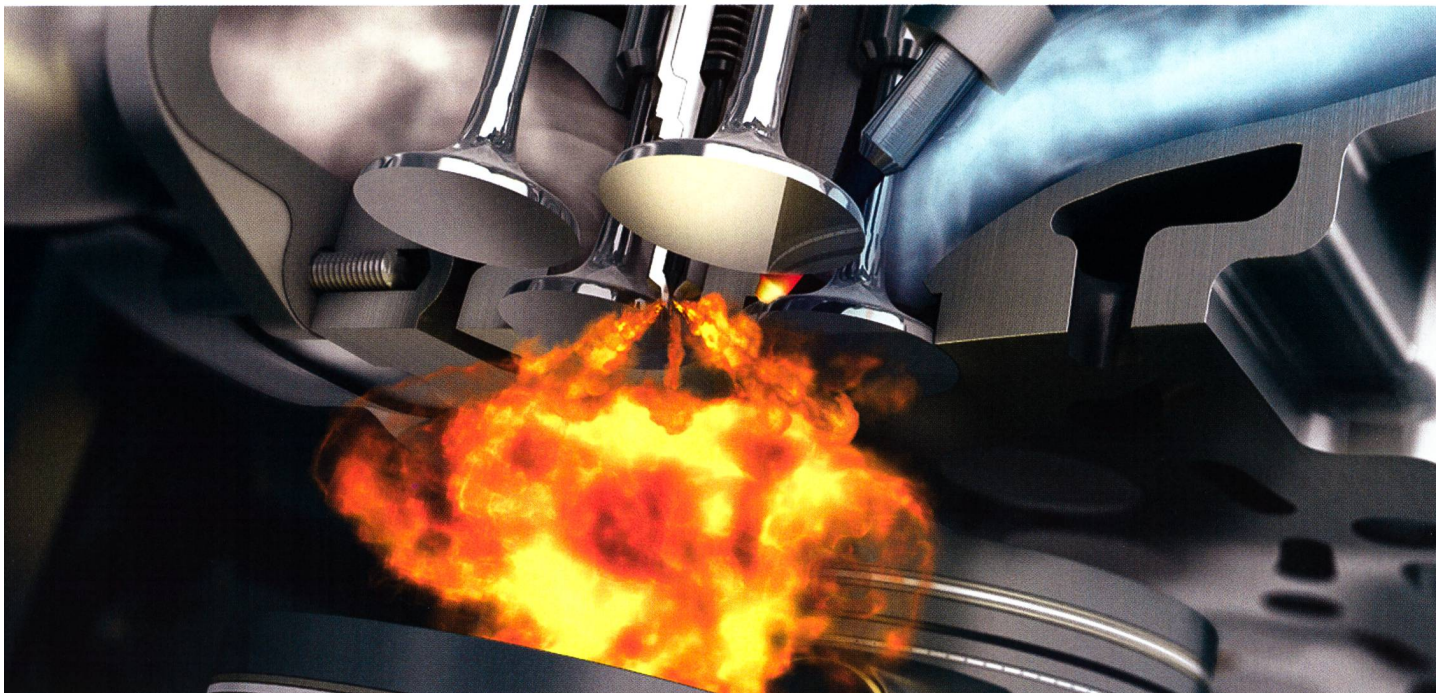
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



La combustion hétérogène des moteurs diesel conduit à un antagonisme entre la diminution des émissions de NO_x et de particules.
(Source: Bosch)

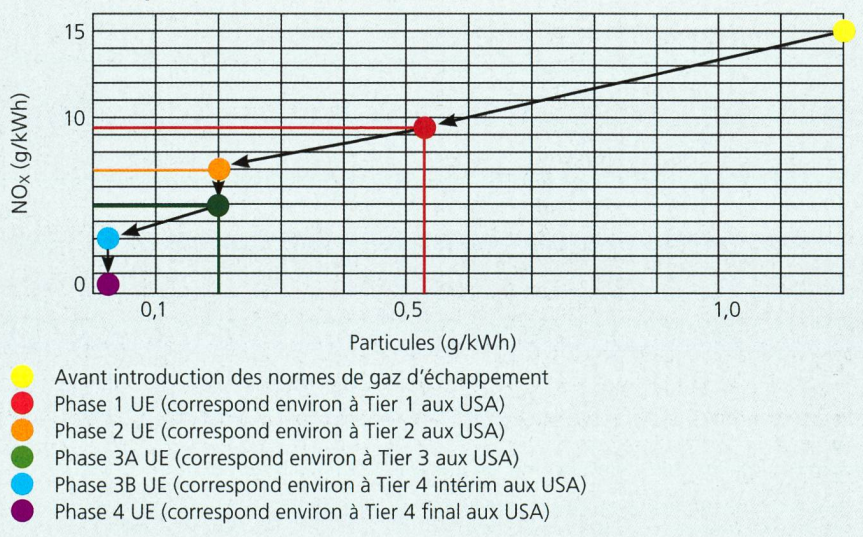
Technique moderne des moteurs diesel

Le développement des moteurs diesel dans la technique agricole a pris un essor rapide depuis l'introduction des normes en matière de gaz d'échappement à la fin des années 1990. Cet article donne un aperçu de la technique permettant de remplir les exigences actuelles de la phase 3A.

Roger Stirnimann

«Mon moteur fait encore de grands progrès...» aurait écrit Rudolf Diesel dans une lettre de 1895 adressée à sa femme après que son moteur ait atteint un rendement de plus de 16%. La technologie des moteurs diesel se situe aujourd'hui à très haut niveau et son développement se poursuit à un rythme toujours très soutenu. Les prescriptions en matière de gaz d'échappement en Europe et aux USA en sont la cause. Depuis l'introduction de ces prescriptions pour les véhicules Off-Road (véhicules non routiers), à la fin des années 1990, les émissions d'oxyde d'azote NO_x ont été réduites de deux tiers et celles de particules de quelque 80%. Ce n'est cependant pas suffisant: de la phase ac-

Développement des valeurs limites en NO_x et en particules PM (classes de puissance 130-560 kW)



tuelle 3A à la prochaine phase 3B, puis à la phase 4, les émissions d'oxyde d'azote NO_x et de particules devront encore se réduire de 90 % (voir graphique 1)!

Le chemin va clairement en direction de valeurs zéro et les défis majeurs sont encore à venir. Pour mieux le comprendre, un moteur diesel phase 4 ne fait pas que limiter les émissions de gaz nocifs, mais purifierait l'air d'une grande ville atteinte de smog, c'est-à-dire que les gaz d'échappement devraient alors être plus propres que l'air d'admission en terme de teneurs en NO_x et en particules!

Des conflits d'intérêts rendent difficiles le développement

Le défi est d'autant plus grand qu'en matière d'émissions nocives deux conflits d'intérêts existent: d'une part entre les deux principaux groupes d'éléments nocifs oxydes d'azote (NO_x) et particules (PM) et, d'autre part, entre les oxydes d'azote et la consommation de carburant. Ainsi, par exemple, la baisse de la température dans le cylindre a pour conséquence des valeurs NO_x inférieures, mais augmente en revanche la formation de particules et inversement. Un phénomène identique se

produit entre le NO_x et la consommation de carburant, les mesures en vue d'abaisser le NO_x entraînant la plupart du temps des effets négatifs sur le degré d'efficacité et la consommation; les mesures visant à limiter la consommation entraînent à l'inverse des températures de combustion plus élevées, et ainsi des valeurs NO_x supérieures. Le développement des moteurs diesel s'apparente donc à un exercice d'équilibre entre l'écologie et l'efficacité technique.

Législation relative aux gaz d'échappement

Dans les années 1970 déjà, les USA ont édicté des valeurs-limites en matière de gaz d'échappement pour les véhicules, l'Europe a suivi dans les années 1990 avec l'introduction des normes EURO. Les législateurs des deux continents ont très vite réalisé que les machines Off-Road (machines agricoles et de construction, bateaux, locomotives diesel, élévateurs à fourche, etc.) participaient dans une mesure non négligeable à l'émission globale d'oxydes d'azote et de particules, raison pour laquelle des directives spécifiques à cette catégorie de véhicules ont été édictées dès la fin des années 1990.

Pour les machines agricoles et du secteur de la construction, les valeurs-limites fixées dans la directive 97/68/CE s'appliquent. Celles-ci dépendent de la classe de puissance et doivent être introduites par étapes jusqu'en 2014. Contrairement aux différentes phases de la norme EURO pour les véhicules routiers, l'on ne parle que de phases (anglais «stage» ou «tier») pour les véhicules Off-Road (phase 1, phase 2, phase 3A, phase 3B, phase 4). En raison des différentes valeurs-limites et des cycles de mesure, la norme EURO ne peut se comparer directement avec les phases d'émission de gaz d'échappement des véhicules Off-Road.

Pour les classes de puissance supérieures, des valeurs-limites plus sévères et des délais d'application plus brefs que pour les classes inférieures sont fixés.

La raison est que les gros moteurs produisent davantage d'émissions en raison de leur puissance supérieure. En outre, les mesures nécessaires au respect des valeurs-limites ne renchérissent pas ces moteurs dans la même proportion que cela serait le cas avec des engins plus petits. C'est pourquoi les innovations sont tout d'abord introduites dans les classes

Tableau 1: Valeurs-limites et délais d'application des normes d'émissions pour les véhicules Off-Road (Directive 97/68/CE)

Classes de puissance	Phases	Valeurs-limites					Valable dès
		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	NMHC+NO _x	PM (g/kWh)	
18 kW ≤ P < 37 kW	Phase 1	—	—	—	—	—	—
	Phase 2	5,5	1,5	8,0	—	0,8	2002
	Phase 3 A*	5,5	—	—	7,5	0,6	2007
	Phase 3 B	comme Phase 3 A					—
	Phase 4	comme Phase 3 A					—
37 kW ≤ P < 56 kW	Phase 1	6,5	1,3	9,2	—	0,85	2001
	Phase 2	5,0	1,3	7,0	—	0,4	2004
	Phase 3 A*	5,0	—	—	4,7	0,4	2008
	Phase 3 B*	5,0	—	—	4,7	0,025	2013
	Phase 4	comme Phase 3 B					—
56 kW ≤ P < 75 kW	Phase 1	6,5	1,3	9,2	—	0,85	2001
	Phase 2	5,0	1,3	7,0	—	0,4	2004
	Phase 3 A*	5,0	—	—	4,7	0,4	2008
	Phase 3 B	5,0	0,19	3,3	—	0,025	2012
	Phase 4	5,0	0,19	0,4	—	0,025	2014
75 kW ≤ P < 130 kW	Phase 1	5,0	1,3	9,2	—	0,7	2001
	Phase 2	5,0	1,0	6,0	—	0,3	2003
	Phase 3 A*	5,0	—	—	4,0	0,3	2007
	Phase 3 B	5,0	0,19	3,3	—	0,025	2012
	Phase 4	5,0	0,19	0,4	—	0,025	2014
130 kW ≤ P < 560 kW	Phase 1	5,0	1,3	9,2	—	0,54	2001
	Phase 2	3,5	1,0	6,0	—	0,2	2002
	Phase 3 A*	3,5	—	—	4,0	0,2	2006
	Phase 3 B	3,5	0,19	2,0	—	0,025	2011
	Phase 4	3,5	0,19	0,4	—	0,025	2014

* Dans ces phases, les valeurs-limites de hydrates de carbones (HC) et les oxydes d'azote (NO_x) ne sont pas déterminés individuellement, mais comme la somme des hydrates de carbone non méthane (HCNM) et des oxydes d'azote (NO_x). Elles se mesurent aussi en g/kWh.

Les valeurs-limites de ce tableau, jusqu'à la phase 3A y compris, se basent sur le cycle de test stationnaire selon ISO 8178 C1. Dès la phase 3B, un transfert sur le «Non Road Transient Cycle» est prévu, de manière à mieux considérer les exigences de charge variant fortement dans la pratique.

Dès la phase 3A, le respect des valeurs-limites doit être démontré sur une durée de vie raisonnable (facteur de détérioration).

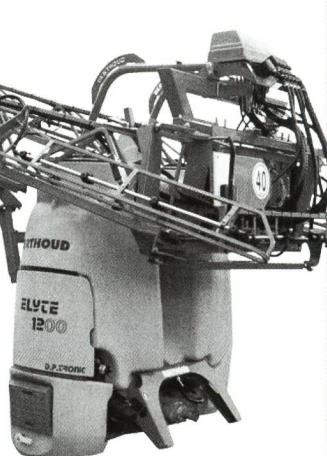
(Source: VDMA)

La protection des plantes parfaite.

Le design et l'innovation

ELYTE

- Relevage sur bras central
- ultra-compact grâce à l'unité châssis-cuve
- équipement complet
- 1'000, 1'200 ou 1'600 litres
- rampes de 15 à 28 m



Téléphonez-nous!

Vos points d'assistance régionales:

1040 Echallens:	Schiffmann SA	tél. 021 881 11 30
1070 Puidoux:	Perroulaz SA	tél. 021 946 34 14
1113 St-Saphorin-sur-Morges:	Atelier Copra Sàrl.,	tél. 021 803 79 00
1168 Villars-sous-Yens:	Lagrico Sàrl.,	tél. 021 800 41 49
1233 Bernex:	Graf Jaques	tél. 022 757 42 59
1242 Satigny:	Grunderco SA	tél. 022 989 13 30
1252 Meinier:	Saillet & Cie	tél. 022 750 24 24
1401 Yverdon-les-Bains:	Agritechnique	tél. 024 425 85 22
1438 Mathod:	Grunderco SA	tél. 024 459 17 71
1438 Mathod:	Promodis Suisse SA	tél. 024 459 60 20
1510 Moudon:	Deillon Bernard SA/Cedima SA	tél. 021 905 12 96
1530 Payerne:	Bovey Agri SA	tél. 026 662 47 62
1906 Charrat:	Chappot SA	tél. 027 746 13 33
3225 Müntschemier:	Jampen Landmaschinen AG	tél. 032 313 24 15
3960 Sierre:	Agrol-Sierre	tél. 027 455 12 69

FISCHER
BERTHOUD®

FISCHER nouvelle Sàrl
Votre spécialiste de pulvérisation
1868 Collombey-le-Grand
En Boverly A, tél. 024 473 50 80
www.fischer-sarl.ch

AGRAMA, Berne: halle 632, stand C001

FELLA

Super – Conditions avant-saison!



Pas d'investissement de machines de fenaison sans comparaison prix/qualité FELLA.
Prix «canon» directement chez votre concessionnaire FELLA.

En supplément primes pour commande précoce de

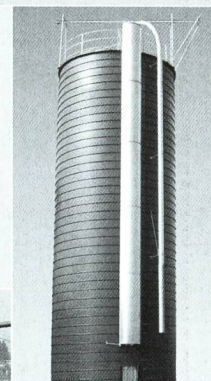
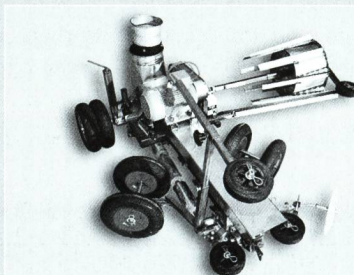
Fr. 300.- au Fr. 3500.-
jusqu'au 30 novembre 2008

FELLA Suisse
www.fella-werke.de

026 419 28 71
fella-schweiz@bluewin.ch

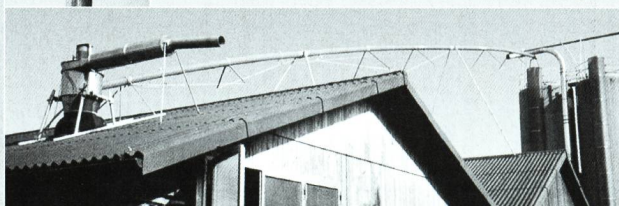
Stocker Fräsen & Metallbau AG

Produit de fabrication suisse - dirigeant dans la technique, la Qualité et le prix



www.desileuses.ch

Désileuse de silos
Aspirateur à fumier de cheval
Silo pour fourrage



Böllistrasse 422 • CH-5072 Oeschgen • ☎ 062 871 88 88
Fax 062 871 88 89 • Mobile 079 211 20 73
www.desileuses.ch • info@silofraesen.ch

Votre aide permet la réalisation de projets en montagne.
PC 80-32443-2



Schweizer Berghilfe
Aide Suisse aux Montagnards
Aiuto Svizzero ai Montanari
Aid Sviszer per la Muntogna

Téléphone 044 712 60 60, www.berghilfe.ch

de puissance supérieures, puis étendues aux autres catégories. Le tableau 2 montre un panel de moteurs diesel dans trois catégories de puissance caractéristiques de l'agriculture.

Respect de la phase 3A: technique actuelle des moteurs diesel

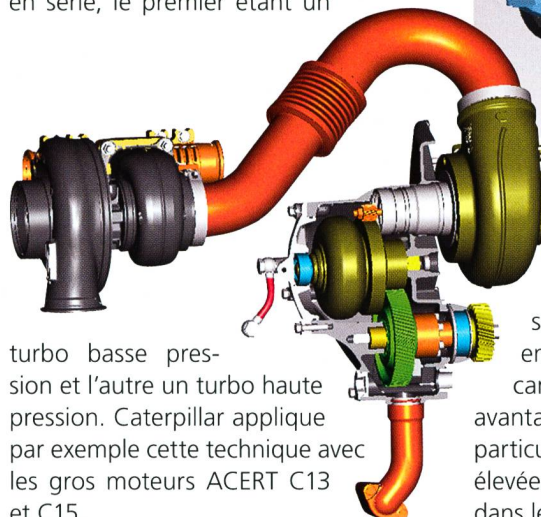
Turbocompression

Quatre soupapes par cylindre, turbo-compresseur et refroidissement de l'air d'admission sont devenus des standards actuellement dès 100 CV (tableau 2). Les quatre soupapes par cylindre permettent un meilleur remplissage des cylindres, ainsi qu'une disposition médiane et verticale des buses d'injection. Les moteurs à deux soupapes par cylindres ne s'utilisent plus que dans les classes inférieures à 100 CV, comme par exemple le moteur Perkins- 1104D-44TA du Claas Axos 340. Les turbocompresseurs sont le plus souvent couplés à des soupapes Wastegate, ce qui assure une pression suffisante à bas régime déjà.

Les moteurs avec re-circulation externe et refroidissement des gaz d'échappement sont souvent équipés de turbocompresseurs à géométrie variable (Variable Geometry Turbocharger VGT). Les turbos VGT sont réglés de façon à ce que la pression de charge souhaitée soit atteinte au régime de puissance nominale du moteur. La diminution de la turbocompression avec la baisse du régime est contrebalancée par le rétrécissement du diamètre d'admission

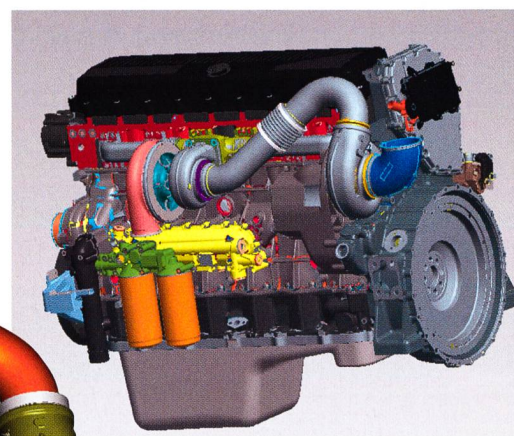
à la turbine, la plupart du temps grâce à des palettes orientables. Cette technique se retrouve par exemple dans les moteurs PowerTech Plus de John Deere ou les moteurs ACERT C7 et C9 de Caterpillar.

Une alternative aux turbos VGT se présente également avec une compression en deux phases au moyen de deux turbocompresseurs indépendants montés en série, le premier étant un



turbo basse pression et l'autre un turbo haute pression. Caterpillar applique par exemple cette technique avec les gros moteurs ACERT C13 et C15.

Seul constructeur jusqu'alors dans ce cas, New Holland applique la technique Turbocompound sur son ensileuse FR 9060. Le moteur Iveco Cursor 13TCD utilise ici l'énergie cinétique des gaz d'échappement brûlants par le biais d'une autre turbine, placée juste derrière le turbocompresseur lui-même, et la transforme en énergie mécanique transférée au volant moteur par un accouplement hydrodynamique (voir illustration ci-dessus).



New Holland applique seul jusqu'à présent la technique Turbocompound (Source: New Holland)

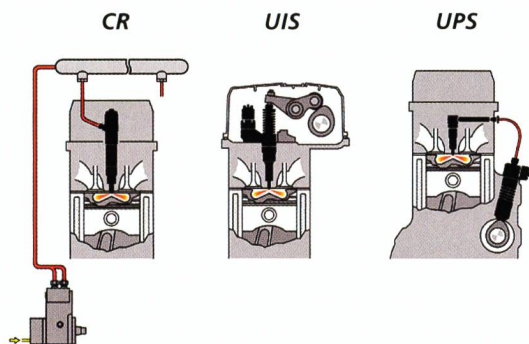
Les moteurs Turbocompound sont construits depuis des années, entre autres par le constructeur de camion Scania et font valoir leurs avantages en terme de rendement en particulier à haut régime et compression élevée; ce mode d'utilisation est typique dans le cas des ensileuses.

Systèmes d'injection

L'injection à haute pression joue un rôle essentiel pour la réduction des particules internes aux moteurs. Les systèmes d'injection à haute pression à gestion électronique Common Rail (CR), les systèmes unité-pompe (unit pump system UPS) et injecteur-pompe (unit injector system UIS) font maintenant partie des standards des moteurs

Tableau 2: Aperçu de moteurs diesel modernes

Type de moteurs	Iveco Cursor 13T CD	Sisu Citius 84 CTA	Deutz TCD 2013	Caterpillar C9 ACERT	John Deere PowerT. Plus 4045	Perkins 1104D-44TA
Nombre de cylindres	6	6	6	6	4	4
Nb de soupapes/cyl.	4	4	4	4	4	2
Cylindrée	12,9 l	8,4 l	7,1 l	8,8 l	4,5 l	4,4 l
Turbocompresseur	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Refroidissement de l'air compressé	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Système d'injection	Injecteur-pompe	Common Rail	Common Rail	HEUI	Common Rail	Pompe de distribution mécanique
Gestion de l'injection	électronique	électronique	électronique	électronique	électronique	électronique
Particularités	Re-circulation interne, Turbo- Compound	Traitement des gaz d'échappement SCR	Re-circulation externe avec refroidissement	Re-circulation externe avec refroidissement turbo à géométrie variable	Re-circulation externe avec refroidissement turbo à géométrie variable	Re-circulation interne
Phase respectée	3A (130–560 kW)	3A (130–560 kW)	3A (130–560 kW)	3A (130–560 kW)	3A (75kW ≤ P < 129kW)	3A (56kW ≤ P < 75kW)
Exemples pratiques	Ensileuse New Holland FR 9060	Tracteur Massey Ferguson 8690	Tracteur Fendt Vario 936	Tracteur polyvalent Claas Xerion 3300	Tracteur John Deere 6430	Tracteur Claas Axos 340
Puissance nominale de cette utilisation	395 kW / 537 PS (ISO 14396)	250 kW / 340 PS (ISO 14396)	243 kW / 330 PS (ECE R24)	224 kW / 305 PS (ECE R24)	92 kW / 125 PS (ECE R24)	74 kW / 100 PS (ECE R24)



Les systèmes d'injection à haute pression injecteur-pompe et Common Rail sont dominants dans les moteurs diesel modernes dès 100 CV. (Source: Bosch)

diesel actuel de la phase 3A (voir illustration ci-dessus).

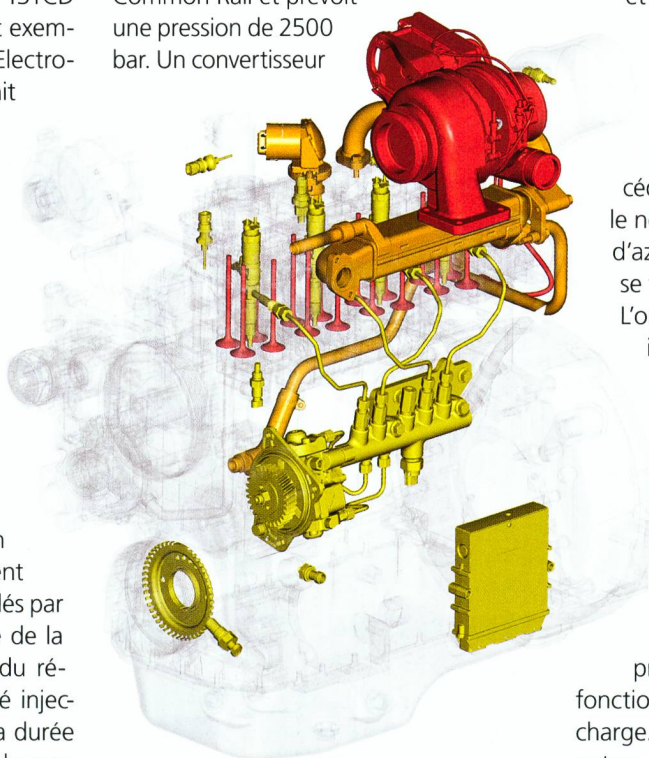
Ce n'est que dans les classes inférieures à 100 CV que l'on trouve encore des pompes d'injection à calage mécanique.

Avec le système injecteur-pompe, les pompes d'injection et les injecteurs constituent une unité par cylindre, la plupart du temps actionnée par arbre à cames et levier basculant. Des soupapes magnétiques à action rapide gérées électroniquement déterminent le point d'injection optimal et la quantité exacte. Les systèmes UIS autorisent des pressions élevées atteignant 2000 bar. Le moteur Cursor 13TCD de Iveco en constitue un excellent exemple. Le système HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injection) de Caterpillar fait également partie du groupe des systèmes à injecteur-pompe, la pression étant ici produite par le biais d'un surpresseur placé à l'intérieur de l'unité d'injection.

Le système d'injection UPS est construit de manière très similaire à l'UIS. Contrairement à ce dernier, les injecteurs ne se situent pas sur le haut du moteur, mais sur le côté et le carburant est conduit jusqu'à la batterie d'injecteurs des cylindres par une courte conduite à haute pression atteignant 1'800 bar. L'inconvénient des systèmes UIS et UPS commandés par arbre à cames est la dépendance de la pression d'injection en fonction du régime du moteur et de la quantité injectée. Celle-ci augmente pendant la durée de l'injection et retombe à la fin du processus.

Grâce au système à accumulateur Common Rail, la génération de pression et l'injection ne dépendent pas l'une de l'autre. La pression d'injection est produite par

une pompe à haute pression indépendamment du régime du moteur et de la quantité injectée. Le carburant sous haute pression est stocké dans un accumulateur commun (Common Rail) et conduit ensuite aux injecteurs munis de soupapes magnétiques au travers d'une conduite haute pression. Ainsi, les pressions d'injection optimales selon les conditions d'exploitation spécifiques peuvent être déterminées et maintenues pendant tout le processus d'injection. Cela offre des possibilités de réglage élargies des processus d'injection selon la charge et le régime (injection pilotée, fractionnée ou décalée). Les systèmes Common Rail permet davantage de marge de manœuvre pour la mise en place de mesures de limitation des émissions de bruit et de gaz d'échappement. Les pressions maximales des moteurs agricoles actuels atteignent quelque 1600 bar. Un regard sur le secteur des poids lourds montre que cela doit encore aller plus loin à l'avenir: Scania se place aujourd'hui en tête avec 2400 bar! Le système XPI - Common Rail développé en collaboration avec Cummins travaille avec une mise en pression à deux niveaux. Bosch a présenté également une nouvelle génération de Common Rail et prévoit une pression de 2500 bar. Un convertisseur



Technologie diesel moderne d'un seul coup d'œil: Re-circulation avec refroidissement des gaz d'échappement, technique à quatre soupapes Common Rail, turbocompresseur à géométrie variable et unité de commande électronique. (source: John Deere)

de pression hydraulique dans l'injecteur doit permettre cela. Ainsi, la technique Common Rail devrait à terme s'imposer, pour le moins dans les classes de puissance supérieures

Réduction de NO_x – deux stratégies

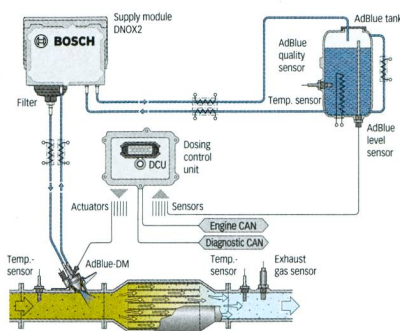
Suite à l'introduction de la phase 3A, une nouvelle réduction des oxydes d'azote a été imposée, sans que celle-ci puisse se réaliser grâce aux mesures internes aux moteurs prises jusque là. Les constructeurs de moteurs diesel ont poursuivi depuis lors deux stratégies techniques en vue de réduire les émissions de NO_x: limitation de leur formation dans les cylindres par EGR (re-circulation des gaz d'échappement) ou traitement ultérieur externe au moyen de SCR (réduction catalytique sélective). La re-circulation des gaz d'échappement (EGR) constitue un moyen efficace pour réduire à l'intérieur du moteur les oxydes d'azote (NO_x). Le NO_x se forme lorsque de l'oxygène et de l'azote entrent en réaction dans un environnement sous forte pression et haute température. Les moteurs diesel travaillent dans des conditions d'étanchéité élevées et des mélanges de carburant pauvres. Cela a pour conséquence une atmosphère riche en oxygène

et en azote dans la chambre de combustion, qui favorise la formation de NO_x. Avec la re-circulation d'une partie des gaz d'échappement dans la chambre de combustion, la quantité d'air excédentaire est réduite, ce qui diminue le nombre de molécules d'oxygène et d'azote disponibles et susceptibles de se transformer en NO_x.

L'on différencie entre la re-circulation interne et externe des gaz d'échappement avec refroidissement.

Avec l'EGR interne, soit la soupape d'échappement lors de l'admission, soit la soupape d'admission en phase d'explosion, est brièvement ouverte. Les deux méthodes peuvent se faire par une simple modification de l'arbre à cames, mais présentent l'inconvénient que l'EGR fonctionne quel que soit le régime ou la charge. Ce système est appliqué entre autres par les moteurs Iveco et Perkins mentionnés dans le tableau.

En ce qui concerne l'EGR externe refroidie, le flux de gaz d'échappement est amputé d'une partie de son volume, conduit au travers d'un dispositif de refroidissement



Par la réduction catalytique sélective (SCR), la quantité d'oxyde d'azote émise est limitée. (Source: Bosch)

et finalement mélangé à l'air d'admission par une soupape à membrane. Les taux de re-circulation de l'EGR des moteurs diesel actuels de phase 3A s'élèvent à 10-15% à charge partielle et avoisinent le zéro à pleine charge. L'EGR refroidie s'avère plus exigeant et nécessite des capacités de refroidissement complémentaires. Elle permet cependant, par la gestion électronique de la soupape à membrane,

une meilleure densité des performances et un contrôle amélioré du couple. Le refroidissement diminue aussi les effets négatifs du système sur la consommation de carburant. Ce système s'utilise par exemple dans les moteurs Deutz, Caterpillar et John Deere (voir tableau).

Une autre méthode en vue de la réduction du NO_x est constituée par la réduction catalytique sélective (SCR). Les moteurs disposant de ce type de traitement des gaz d'échappement sont réglés par des mesures internes au moteur dans le sens d'une faible consommation et d'émissions de particules limitées. Les émissions de NO_x , ainsi favorisées, sont neutralisées par une solution d'urée aqueuse pulvérisée avant un catalyseur de gaz d'échappement spécial. L'urée est tout d'abord transformée dans le catalyseur en ammoniac (NH_3) de manière passive, puis celui-ci se combine finalement avec les molécules de NO_x et d'oxygène. De l'eau et de l'azote gazeux sont ainsi formés. La solution d'urée porte le nom de Adblue et doit être transportée

dans un réservoir additionnel (voir illustration du système SCR). Comme un moteur SCR fonctionne fondamentalement aussi sans Adblue, l'électronique du moteur est programmée de manière à ce que la puissance du moteur soit massivement réduite en cas de défaut de fonctionnement de l'alimentation en Adblue, ou alors de réservoir vide. Le SCR est utilisé depuis quelques années avec les camions (voir encadré). Massey Ferguson est le premier constructeur de technique agricole à appliquer la technologie SCR avec son gros tracteur 8690 (moteur Sisu Citius 84CTA).

Les moteurs avec SCR présente des avantages en matière de consommation de diesel par rapport aux moteurs EGR, car le conflit d'intérêt direct entre l'oxyde d'azote et la consommation peut être contourné. Il faut cependant considérer également la consommation de Adblue qui, avec la phase 3, correspond à 3% de la consommation de diesel, ainsi que la logistique d'approvisionnement. ■

Coup d'œil sur les véhicules lourds

Comme déjà indiqué au chapitre «Législation relative aux gaz d'échappement», les émissions de matières nocives des moteurs à explosion ont été limitées un peu plus tôt pour les véhicules routiers que pour les véhicules Off-Road. Les véhicules routiers jouent donc un rôle précurseur en matière technologique et l'on peut ainsi – particulièrement avec le développement des véhicules utilitaires lourds – lire certaines tendances probables pour le domaine Off-Road.

Technique à quatre cylindres, turbocompresseur, refroidissement de l'air d'admission et systèmes d'injection à haute pression gérés électroniquement, tout cela fait aussi partie de l'équipement standard des véhicules utilitaires. L'évolution de ces cinq dernières années quant aux stratégies en matière de techniques de réduction des émissions d'oxyde d'azote a été particulièrement intéressante. Lors de l'exposition internationale consacrée aux véhicules utilitaires «IAA Nutzfahrzeuge» 2004 à Hanovre, la plupart des constructeurs de camions ont présenté des solutions basées sur le système SCR pour respecter les normes EURO 4, en premier lieu Mercedes Benz, qui présentait non seulement des moteurs EURO 4, mais également des moteurs EURO 5. La technique pour ces deux variantes était identique et consistait à ajouter un peu davantage de Adblue pour la solution EURO 5. Les autres exposants ont dû s'adapter et ont proposé également des solutions EURO 5 en plus des moteurs EURO 4, cela bien avant la date limite de cette nouvelle phase fixée à 2009. MAN et Scania, qui étaient de l'avis que la solution la plus élégante pour la réduction des oxydes d'azote consistait en la re-circulation des gaz d'échappement, ont été contraints de s'adapter au diktat du marché, faute de solutions suffisamment abouties. Ils ont donc exposés des moteurs EURO 5 munis de la technologie SCR. Les tenants de la

réduction catalytique sélective étaient convaincus que EURO 5 ne pouvait être réalisée sans SCR.

Cependant, le développement des moteurs diesel s'est poursuivi et autant MAN que Scania ont présenté, lors de «IAA Nutzfahrzeuge» de cette année, leurs dernières évolutions qui respectent EURO 5 sans SCR. MAN y parvient grâce à des taux élevés de re-circulation des gaz d'échappement, une compression en deux phases, un double refroidissement de l'air comprimé, des injecteurs à neuf orifices et des pressions d'injection jusqu'à 1800 bar. Scania se base en revanche sur un refroidissement en deux phases des gaz d'échappement réintroduits, un turbocompresseur à géométrie variable, un système d'injection Common Rail XPI comprenant une compression en deux étapes, ce qui permet d'atteindre une pression de 2400 bar! Les deux constructeurs promettent une consommation de carburant n'excédant pas celle des solutions SCR, en tenant compte du Adblue. Ils envisagent d'ailleurs également de surmonter EURO 6 sans SCR.

Comme les solutions ci-dessus le démontrent, les exigences techniques posées par la re-circulation des gaz d'échappement se révèlent plutôt contraignantes! Pourquoi ces deux constructeurs sont-ils pareillement attachés à cette solution alors que les normes en matière de gaz d'échappement peuvent être respectées avec une technique plus simple basée sur le système SCR? D'une part, il y a l'argument de ne devoir faire le plein qu'avec du diesel, sans additif quelconque, et que SCR n'est pas disponible de manière universelle. D'autre part, les ingénieurs MAN et Scania gardent certainement à l'esprit que les méthodes de combustion homogènes en vogue dans le futur, comme par exemple le HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition), ne peuvent se réaliser qu'avec une re-circulation des gaz d'échappement.