

20 septembre 1999

Lupo 3L TDI





La Lupo "trois litres" de Volkswagen : les économies sans les sacrifices	p. 3
Le moteur et la transmission	p. 4
Construction allégée : - 154 kg !	p. 11
Peaufinage aérodynamique, encore des records	p. 15
Sécurité	p. 16
A voiture nouvelle, méthodes de production nouvelles	p. 18
Le bilan écologique	p. 20
Les principales innovations en bref	p. 22
Equipement	p. 24
Garanties anticorrosion inchangées	p. 25
Conclusion	p. 26
Fiche technique	p. 27



La Lupo "trois litres" de Volkswagen : les économies sans les sacrifices

Pari tenu. Volkswagen lance sur le marché la première "voiture trois litres" (trois litres... aux 100 km !), la Lupo 3L TDI. Avec une physionomie extérieure presque identique à la Lupo que l'on connaît déjà, elle ouvre une nouvelle voie dans l'histoire de l'automobile : comme son nom l'indique, la Lupo 3L TDI ne consomme pas plus de carburant qu'un vélomoteur, tout en étant une voiture à part entière avec quatre sièges, un coffre à bagages, de bonnes performances, un confort élevé et toutes les caractéristiques de sécurité caractérisant une automobile d'aujourd'hui.

La "Lupo 3 litres" est la voiture de série la plus sobre du monde et la plus respectueuse de l'environnement, car si la consommation est moindre, les émissions sont également réduites. Elle propose une mobilité individuelle intelligente et responsable. Et ce, tout en étant source d'agrément : ses qualités au démarrage et à l'accélération, sa vitesse de pointe mais également sa tenue de route, son maniement et son équipement sont en effet à la hauteur. La Lupo 3L TDI est en tous points une voiture à part entière, avec pour particularité de générer, en plus, les frais de carburant de loin les plus faibles du moment. Rouler en Lupo 3 litres, c'est économiser sans devoir renoncer à quoi que ce soit : un vrai plaisir.

Cette mini-consommation sensationnelle est l'aboutissement d'une profusion d'innovations intelligentes portant sur le moteur, la transmission, la résistance au roulement, l'aérodynamique et la carrosserie.

- La réduction du poids du véhicule intervient pour 20 pour cent,
- la diminution de la résistance à l'avancement pour 20 autres pour cent et
- le tandem moteur/transmission pour la part du lion, soit 60 pour cent dans cette prouesse technologique.

Volonté

Peu de temps après avoir été nommé Président du Groupe Volkswagen, le Dr Ferdinand Piëch avait annoncé le lancement, avant la fin de ce siècle, d'une voiture de série qui consommerait moins de 3 l/100 km. Un effort de recherche non négligeable fut initié dans ce sens. Cette volonté aura eu au moins deux conséquences : d'une part, la Lupo 3 litres est là et, d'autre part, les résultats de ces recherches ont fait progresser parallèlement la technologie de plusieurs nouveaux modèles bien à l'avantage de leurs utilisateurs.



Le moteur et la transmission

La Lupo 3L TDI est animée par un 3 cylindres en ligne à injection directe avec bloc-moteur et culasse en aluminium, système d'injection à haute pression par injecteurs-pompe, turbocompresseur à géométrie variable et refroidissement de l'air de suralimentation. Il est monté transversalement et est combiné à une boîte de vitesses mécanique à commande directe et à un système stop/start. Le tout constitue une configuration unique garantissant, dans les conditions fixées par les normes, la consommation moyenne de 2,99 l/100 km.

● Trois cylindres

Dans l'esprit d'un très large public, l'harmonie de fonctionnement attendue d'un moteur moderne impliquait jusqu'ici la présence d'"au moins" quatre cylindres, à plus forte raison s'il s'agissait d'un moteur diesel, caractérisé, intrinsèquement, par un plus haut degré d'irrégularité cyclique. La Lupo trois litres fait fi de cette règle. Elle est bien entendu dotée d'un moteur TDI (Turbodiesel Direct Injection), mais se tire très bien d'affaire avec trois cylindres. L'abandon d'un cylindre réduit à la fois la longueur du moteur, son poids général, le nombre de composants et, par là même, les pertes par friction. Les cylindres et les chambres de combustion ont été agrandis, ce qui en augmente l'efficacité : un nombre de cylindres inférieur est toujours synonyme de rendement supérieur.

Les origines de ce nouveau moteur remontent à la série EA 188, qui a déjà fait ses preuves en tant que moteur diesel à quatre cylindres de 1,9 l de cylindrée sur des millions de véhicules du groupe Volkswagen. Sa caractéristique principale, un entraxe des cylindres de 88 mm, se retrouve sur les deux moteurs à trois cylindres dérivés de ce modèle. Ce point commun a pour avantage de permettre la fabrication des moteurs à trois comme à quatre cylindres en majeure partie sur les mêmes équipements.

Monté sous le capot de la Lupo 1.4 TDI, le plus gros de ces deux moteurs 3 cylindres a un alésage de 79,5 mm et une course de 95,5 mm soit 1.422 cm³. Sa puissance maximale est de 55 kW / 75 CV. Destiné à la "Lupo 3l", le plus petit 3 cylindres a un alésage de 76,5 mm, une course de 86,4 mm seulement et une cylindrée d'exactly 1.191 cm³. Sa puissance maximale est de 45 kW / 61 CV à 4.000 t/min., son couple maximal de 140 Nm étant atteint sur la plage de régimes allant de 1.800 à 2.400 t/min. A partir de 1.300 t/min., c'est-à-dire à peine au-delà du régime de ralenti, 80 pour cent de la force motrice maximale est déjà disponible.

Remarque : ces puissance et couple maxi ne sont disponibles que lorsque le conducteur a opté pour une utilisation "sportive" de la voiture (voir plus loin au chapitre "Transmission"). En mode "Economique", la puissance du moteur se voit automatiquement réduite à maximum 33 kW à 3.000 t/min. par la gestion de moteur. Simultanément, le couple maximum passe à 120 Nm entre 1.600 et 2.400 t/min.



Ces deux moteurs sont très proches sur le plan de leur conception fondamentale. Dans les deux cas, l'arbre à cames en tête commande deux soupapes par cylindre par l'intermédiaire de poussoirs à coupelle. Les motoristes ont systématiquement cherché à réduire au minimum les frictions dans toute la commande des soupapes et au niveau des paliers des pistons.

L'arbre à cames est entraîné par une courroie crantée qui a été renforcée pour les efforts supplémentaires exigés par le système des injecteurs-pompe. La suppression de la pompe d'injection distributrice a permis d'adopter un entraînement triangulaire par courroie crantée particulièrement simple, avec tendeur hydraulique. Les organes auxiliaires (alternateur, pompe à eau et, éventuellement, compresseur de climatiseur) sont fixés au moteur les uns au-dessus des autres, ce qui est avantageux en cas de collision, et sont eux entraînés par un mécanisme de courroie trapézoïdale à nervures doté d'un système de tension à faible friction.

● De l'aluminium également pour le bloc-moteur

Presque tous les moteurs modernes ont une culasse en aluminium. Le TDI de la "Lupo 3l" est, en plus, doté d'un bloc-moteur en alliage léger, une première pour un moteur diesel à injection directe.

L'économie de poids ainsi réalisée est d'environ 16 kg par rapport à un bloc comparable en fonte. Grâce à cela, ce moteur ne pèse que 100 kilos, ce qui en fait un des diesels les plus légers jamais montés sur une voiture de tourisme.

Le bloc-moteur est renforcé par un cadre-échelle d'une rigidité extraordinaire, également en aluminium, qui reçoit aussi l'arbre d'équilibrage. Le bloc-moteur et la culasse sont maintenus ensemble par des tirants traversant le moteur de haut en bas sur toute sa hauteur.

● L'arbre d'équilibrage

Moins un moteur compte de cylindres, plus son degré d'irrégularité cyclique est élevé - et ceci tout simplement parce que chaque allumage (et par conséquent chaque impulsion) est plus espacé dans le temps. Par nature, ce phénomène se manifeste plus intensément sur un diesel dont la combustion est plus dure et s'effectue avec une compression nettement plus élevée. A cela s'ajoute que les moteurs à trois cylindres ne permettent pas un équilibrage des masses et des couples aussi parfait que les moteurs à quatre cylindres ou plus. En cela, ils constituent encore une exception dans le domaine des voitures particulières, et tout particulièrement lorsqu'il s'agit de moteurs diesel.

Chez Volkswagen, on est cependant à ce point convaincu des avantages que présente le trois cylindres en matière de poids, d'encombrement, de rendement et de consommation, que l'on n'hésite pas à l'adopter - même en version diesel. Pour un équilibrage efficace des moments d'inertie primaires, on a eu recours à une technique qui a depuis longtemps fait ses preuves ailleurs, et qui a encore été optimisée pour l'occasion, à savoir, un arbre d'équilibrage.



Logé bas dans le carter du vilebrequin, il tourne à la même vitesse que ce dernier, mais en sens inverse, générant, grâce à son balourd, l'équilibrage souhaité. De même, le volant moteur et l'amortisseur de vibration présentent un balourd similaire. Ensemble, ils s'opposent aux vibrations résiduelles qui ne peuvent pas être entièrement équilibrées par le vilebrequin et ses contrepoids. Grâce à cela, le trois cylindre de la Lupo 3L TDI se caractérise par une remarquable harmonie de fonctionnement. L'arbre d'équilibrage est entraîné en même temps que la pompe à huile par l'intermédiaire d'une chaîne à tendeur hydraulique.

La suspension du moteur joue un rôle, et non des moindres, dans la réduction du niveau sonore. Elle est constituée d'une évolution du système pendulaire déjà utilisé avec succès sur la Polo. Ses silentblocs et son palier hydraulique ont été conçus pour un amortissement très doux, en particulier lors du fonctionnement au ralenti, ce qui élimine quasiment toute transmission de vibrations moteur à la carrosserie. L'isolation phonique est à ce point efficace que l'emploi de lourdes feuilles anti-vrombissement généralement appliquées aux parois du compartiment moteur s'est dans une large mesure révélé superflu. Ceci contribue énergiquement à l'optimisation du poids du véhicule.

● Injecteurs-pompe

La Lupo 3L TDI est équipée du système d'injection à haute pression par injecteurs-pompe inauguré sur la Passat en 1998. Il se distingue des autres systèmes d'injection par la pression particulièrement élevée - jusqu'à 2.050 bars - avec laquelle le diesel est injecté directement dans la chambre de combustion. Or, plus la pression est élevée, plus le carburant est pulvérisé finement, mieux il se mélange avec l'air. Il en résulte une combustion plus efficace et plus "propre".

Chaque cylindre dispose de son propre injecteur-pompe intégré à la culasse. L'élément pompe et l'injecteur, normalement séparés, sont ici rassemblés en une unité, ce qui a permis de supprimer le long conduit entre la pompe et l'injecteur. De ce fait, la haute pression n'est produite que dans un volume très restreint de carburant. D'où moins de pertes de pression et une régulation plus précise du volume injecté. L'entraînement de l'élément pompe s'effectue par l'arbre à cames, par l'intermédiaire d'une came supplémentaire et d'un culbuteur à galet pour chaque cylindre.

L'alimentation en carburant des injecteurs-pompe est assurée par une pompe mécanique auto-aspirante. Montée en tandem avec la pompe à vide (du servofrein) sur la culasse, elle est également entraînée par l'arbre à cames.

La quantité de carburant requise pour chaque combustion est, comme en règle générale sur les moteurs diesel à injection directe des voitures particulières, divisée en deux "doses" : la pré-injection amorce le processus de combustion, tandis que l'injection principale a lieu quelques degrés d'angle de vilebrequin plus tard. Le laps de temps séparant la pré-injection de l'injection principale - l'«écart d'injection»- est régulé avec une grande précision par un procédé mécanique et hydraulique. La pré-injection permet une montée en pression (énorme dans un moteur à injection directe) graduelle dans la chambre de combustion, réduisant ainsi fort efficacement le bruit de combustion et les émissions. Le début de l'in-



jection, la quantité de diesel injectée et la fin de l'injection sont commandés via une électrovanne.

Les impulsions destinées aux électrovannes sont fournies par un calculateur électronique qui n'est pas seulement relié à l'accélérateur à commande électronique mais aussi, par un bus CAN*, à la commande de la boîte de vitesses, au dispositif antiblocage (ABS) et aux indicateurs de consommation de carburant situés dans le combiné d'instruments du tableau de bord.

Il est à noter que le système d'alimentation de cette Lupo a aussi été conçu de façon à être compatible avec du biodiesel (ester méthylique de colza).

Le carburant excédentaire refoulé vers le réservoir passe par un refroidisseur monté sous le plancher du véhicule et comportant 14 canaux de fluide parallèles refroidis par air. Cet élément protège les conduites et le réservoir des températures trop élevées qui sont générées par le retour du trop plein de carburant renvoyé en permanence vers le réservoir.

● **Turbocompresseur à géométrie variable**

Les moteurs diesel modernes doivent leur puissance étonnante et surtout leur couple remarquable au turbocompresseur. Volkswagen a joué un rôle de pionnier dans le développement d'une variante, "à géométrie variable" (VTG), de ce turbocompresseur.

Cette dénomination cache une astuce que l'on peut qualifier de géniale tant sa réalisation, sur le carter de turbine chauffé à 600° C, requiert de savoir-faire. Le VTG permet de modifier le débit des gaz d'échappement frappant les aubes de la turbine. Ce débit est faible à hauts régimes et charge et fort à bas régime. Grâce à cela, le turbo tourne à grande vitesse - créant une pression de suralimentation élevée - dès les régimes les plus bas.

● **Refroidissement de l'air de suralimentation**

La compression de l'air par le turbocompresseur s'accompagne d'un effet secondaire indésirable mais inévitable de par les lois de la physique : l'air se réchauffe. Or, l'air chaud étant moins dense, le remplissage des cylindres diminue.

Pour refroidir cet air, les turbocompresseurs high-tech sont dotés d'un radiateur d'air de suralimentation. Sur la Lupo 3L TDI, il se trouve sur le côté droit du véhicule, près du radiateur de liquide de refroidissement, dans la zone d'ouverture de la calandre. L'afflux direct d'air lui confère un bon rendement : l'air est refroidi de 75° C environ. La basse température de l'air affluant dans le moteur garantit une puissance, un couple, une consommation et une qualité des gaz d'échappement optimaux.

* Controler Area Network : réseau de communication permettant la transmission de données électroniques via un nombre de câbles sensiblement réduit.



● **Un rendement record !**

Le rendement de ce moteur dépasse la barre des 40 pour cent ! Un record pour un moteur de série destiné à une voiture de tourisme. Cette performance, tout bénéfique pour la consommation, a cependant nécessité d'équiper la Lupo 3L TDI d'un chauffage d'appoint. En effet, qui dit excellent rendement dit faible déperdition calorifique. Ceci, à son tour, signifie température du liquide de refroidissement inférieure et parfois insuffisante pour obtenir un fonctionnement efficace du système de chauffage classique. Aussi la voiture est-elle dotée d'un chauffage d'appoint électrique qui s'enclenche lorsque la commande du chauffage est réglée sur le maximum. Ce chauffage est constitué d'éléments à coefficient de température positif (CTP) qui sont insérés directement dans le flux d'air. Cette technique présente l'avantage de fournir immédiatement de l'air sensiblement réchauffé alors que le moteur est encore froid. Qui plus est, elle accélère aussi le dégivrage et le désembuage des glaces. La puissance de l'alternateur a été calculée en fonction des besoins de ces éléments chauffants.

● **Transmission manuelle avec fonctions automatisées et dispositif stop/start**

La Lupo 3L TDI dispose d'une transmission entièrement nouvelle. Basée sur une boîte de vitesses mécanique à 5 rapports dotée d'un embrayage ordinaire, elle se distingue des solutions classiques par une commande directe à régulation automatique qui allie le confort d'utilisation d'une boîte entièrement automatique au rendement élevé d'une boîte traditionnelle, tout en offrant en plus au conducteur la possibilité de sélectionner lui-même les vitesses par le biais d'un sélecteur Tiptronic. Par ailleurs, les quatrième et cinquième rapports de la boîte, dont le carter est en aluminium et les arbres sont creux, ont été allongés pour favoriser la sobriété.

L'embrayage et la boîte de vitesses sont commandés électroniquement, par un système sophistiqué de capteurs combiné à un dispositif hydraulique. Il n'y a donc pas de pédale d'embrayage. La force nécessaire est générée par une pompe électro-hydraulique à accumulateur de pression. La coordination est assurée par le dispositif de gestion de la boîte de vitesses relié à la gestion de moteur par l'intermédiaire d'un bus de données rapide CAN.

Le levier de changement de vitesse, placé sur la console centrale, offre un choix de deux modes de passage des rapports.

1. Automatique

Priorité à l'économie...

Dans la coulisse droite, le conducteur peut faire passer le levier de la position Stop à la position E, c'est-à-dire en mode "Economie". Les rapports montent et descendent alors automatiquement, les points de changement de rapport étant toujours choisis en fonction des critères de sobriété. Le "kick-down" permet



néanmoins de disposer de la pleine puissance du moteur, par exemple pour dépasser. Lorsque le programme Economie est sélectionné, la boîte est couplée à une fonction stop/start automatique. Si la voiture se trouve à l'arrêt pendant 3 secondes, la pédale de frein étant actionnée (par exemple dans un bouchon ou devant un feu rouge), le moteur se coupe tandis que la 1^{ère} vitesse est enclenchée automatiquement. Dès que le conducteur lève le pied du frein, le moteur est relancé instantanément. Ainsi, la voiture se met à rouler aussitôt l'accélérateur sollicité. La batterie et le démarreur ont été renforcés pour faire face aux démarrages plus fréquents. Le démarreur est d'ailleurs conçu pour plus de 200.000 démarrages - ce qui représente quatre fois ce que l'on attend habituellement dans une voiture de tourisme de cet indispensable accessoire.

Remarque: même si le mode "économie" est sélectionné, le moteur ne s'arrête que pour autant que :

- la température du liquide de refroidissement dépasse 17° C,
- la température de l'air d'admission dépasse 0° C,
- le chauffage auxiliaire ne soit pas enclenché et que
- la génératrice ne soit pas sollicitée à plus de 55 %*.

Lorsque le conducteur lève le pied de l'accélérateur alors que la voiture roule, l'électronique débraye : la voiture avance alors en «roue libre» sans plus de liaison avec le moteur, celui-ci continuant de fonctionner économiquement au ralenti. Dès la plus légère sollicitation de la pédale de frein, il se produit un embrayage afin d'exploiter aussi le frein moteur. Simultanément, la consommation tombe à zéro : tout moteur diesel moderne est en effet doté d'une coupure d'alimentation à la décélération. En d'autres termes, il ne se produit aucune injection de carburant durant toute la phase de décélération.

... ou aux performances.

Pour ceux qui souhaitent une conduite plus dynamique, il est possible de quitter le mode "Economie" au moyen d'un commutateur placé sur la console centrale. D'autres points de changement de vitesse sont alors sélectionnés et la fonction stop/start est désactivée. De même, il n'y a plus de désaccouplement par rapport au moteur en phase de décélération.

2. Tiptronic

La coulisse gauche de la grille de sélection est réservée à la fonction Tiptronic. Tout comme dans une véritable voiture de sport, le passage des vitesses est rapidement déclenché de façon séquentielle par une brève impulsion du levier vers l'avant ou l'arrière. Le rapport sélectionné est affiché sur le combiné d'instruments. Même en mode Tiptronic, il n'y a pas de risque de sur-régime. Lorsqu'un certain régime est atteint, un signal optique au combiné d'instruments invite le conducteur à passer le rapport supérieur. Si le conducteur n'agit pas, la boîte automatique prend le relais au moment où le régime maximal est atteint. De même, un "étranglement" à trop bas régime est exclu, le Tiptronic ré-

* D'où l'incompatibilité entre le système «stop/start» et la direction assistée électrique en option (voir p. 15)



trogradant automatiquement d'un rapport si le régime descend en dessous d'une valeur critique.

Entre le levier sélecteur et la boîte de vitesses, il n'y a pas de liaison mécanique mais seulement une connexion électrique ("shift by wire"). Aucun bruit ne peut donc être transmis à l'habitacle par l'intermédiaire de la commande des vitesses. La liaison avec l'accélérateur est aussi entièrement électrique, et intelligente : lors du passage manuel des vitesses, le conducteur peut garder le pied sur l'accélérateur; l'électronique permet d'éviter les sur-régimes même si l'embrayage est désaccouplé. Lorsqu'on rétrograde, elle adapte d'abord le régime du moteur pour effectuer ensuite un embrayage en douceur comme dans les plus beaux doubles débrayages. En cas d'accélération, elle assure un passage des vitesses très rapide, de façon à ce que les ruptures de charge aient le moins d'incidence possible sur le confort de conduite. L'électronique a même permis de réduire l'usure de l'embrayage.

La gestion de moteur, la commande pour la boîte de vitesses, le système de gestion de l'ABS et le combiné d'instruments sont reliés entre eux par un bus de données CAN. Les informations s'échangent donc très rapidement. La commande de boîte de vitesses identifie chaque état de fonctionnement (par exemple déplacement en montée ou en descente). Aussi, un rapport supérieur ne sera-t-il pas engagé lorsque le conducteur lève le pied de l'accélérateur en montée avant un virage. En mode automatique "sportif", l'électronique reconnaît le style de conduite désiré à la position et aux mouvements de l'accélérateur et elle choisit la meilleure cartographie de passage des rapports en fonction.

● **Sobre, ...**

Ajoutés au rendement hors du commun du TDI de 1,2 l, le fonctionnement en roue libre avec moteur tournant au ralenti et la fonction stop/start jouent un rôle essentiel dans la sobriété exceptionnelle de la Lupo 3L TDI. Avec sa consommation moyenne de 2,99 l/100 km, elle est encore 30 pour cent plus économe en carburant que la Lupo SDI mue par le moteur atmosphérique de 1,7 l à injection directe développant 44 kW (60 CV). Elle permet même, dans la pratique, de rester aux alentours des 2,5 l/100 km sur route secondaire en ayant recours à toutes les possibilités offertes par la Lupo 3L TDI. Aussi, le réservoir d'une contenance de 34 litres permet-il, en adoptant un style de conduite normal, de parcourir bien plus de mille kilomètres.

... **vive...**

Malgré cette consommation minimale, ce miracle de sobriété produit par Volkswagen est parfaitement adapté à un usage quotidien et fait montre d'un tempérament étonnant. La "Lupo 3 litres" passe de 0 à 100 km/h en 14,5 sec. et peut atteindre une vitesse de pointe de 165 km/h. Le moteur d'une souplesse peu commune permet à la voiture de reprendre de 60 à 100 km/h en 5e en 17,0 sec. (mode Tiptronic).



... et propre.

Les émissions de la Lupo 3L TDI ont été réduites au minimum. Sa mini-consommation lui confère déjà un avantage décisif en la matière. S'y ajoutent la qualité de la combustion du moteur 1,2 l et les mesures de traitement des gaz d'échappement : recyclage des gaz d'échappement, refroidissement des gaz recyclés, pré-catalyseur proche du moteur et catalyseur principal. Pour économiser du poids, l'épaisseur des tuyaux d'échappement a été diminuée et le collecteur d'échappement est réalisé en tôle d'acier au lieu de fonte. Par ailleurs, du fait de la faible cylindrée du moteur, on a pu se contenter d'un seul silencieux.

Avec l'émission de 81 g de CO₂ au km, cette Lupo est la première voiture de tourisme à descendre nettement sous la barre magique des 90 g de CO₂ par kilomètre, une limite que l'on jugeait jusqu'à présent à peu près impossible à atteindre, mais qui caractérise une vraie "voiture 3 litres". En Allemagne, ceci vaudra à son propriétaire un avantage fiscal de 1.000 DM auquel s'ajoutera un avantage supplémentaire de 1.200 DM octroyé aux véhicules respectant la sévère norme D4* en matière d'émissions. L'économie réalisée correspond à 6 ans et 8 mois de taxe automobile, période après laquelle la Lupo 3L TDI se verra seulement appliquer le taux de taxation le plus bas en vigueur pour les véhicules diesel.

Il est à espérer que d'autres pays encouragent de manière similaire les efforts consentis tant par les constructeurs à la pointe dans ce domaine que par les clients achetant leurs produits de pointe.

Construction allégée : - 154 kg !

Par rapport à la Lupo 1.7 SDI qui pèse 984 kg, la Lupo 3L TDI est 154 kg plus légère ! Cette économie de poids se répartit comme suit :

Carrosserie	- 50 kg
Trains roulants	- 60 kg
Moteur / transmission	- 26 kg
Equipements intérieurs	- 18 kg

TOTAL	- 154 kg
--------------	-----------------

La Lupo 3L TDI répond concrètement à l'exigence d'un renversement de la spirale du poids : grâce à des méthodes de construction légère à la fois innovatrices et exemplaires, son poids se situe à un niveau très sensiblement inférieur à celui

* D4 ou Euro 4 : il s'agit de la norme fixant les valeurs d'émissions limites qui entrera en vigueur en 2005.



d'autres modèles comparables - bien entendu sans aucune concession en termes de fiabilité, de longévité, de sécurité ou d'agrément de conduite, les autres vertus cardinales de tous les produits de la marque. Un faible poids abaisse la consommation surtout en parcours urbain, ce dernier exigeant de fréquents freinages et accélérations, autant de gaspillages d'énergie pour une vitesse moyenne donnée. Il permet en outre de bonnes performances même avec un moteur petit mais puissant. A son tour, ce type de moteur présente l'avantage d'un moindre poids et donc d'une moindre consommation. Et la spirale descendante est ainsi amorcée. CQFD !

● La carrosserie

Au premier abord, la Lupo 3L TDI se différencie à peine des autres Lupo. Cette impression est trompeuse. Presque toutes les pièces extérieures de la carrosserie comptent au moins une nouveauté - leur matériau. Ceci vaut également pour beaucoup d'éléments de la structure porteuse sous la tôle. En réalisant une construction qui emploie à la fois l'acier, l'aluminium, le magnésium* et les plastiques, Volkswagen ouvre une nouvelle voie dont d'autres modèles de sa gamme profiteront bientôt.

En conservant la structure de carrosserie du modèle de base de la Lupo et en employant des éléments rapportés en aluminium et en magnésium, Volkswagen a créé une nouvelle construction mixte tout à fait exemplaire. C'est tout particulièrement dans le domaine des techniques d'assemblage que Volkswagen s'est engagé sur des voies entièrement nouvelles.

Tous les éléments rapportés de la carrosserie sont en alliage léger : portes, ailes avant, capot moteur, hayon. Les portes en aluminium sont 30 % plus légères que les portes en feuillard d'acier du modèle de base qui fait déjà un large usage des tôles à épaisseurs variables, les fameux "flans soudés". Leur aspect devait rester identique. Comme certaines parties de la contre-porte ne sont pas habillées, elles doivent présenter la même qualité de surface que la "robe" extérieure de la caisse. Les techniques d'assemblages apparentes sont de ce fait exclues, la tôle intérieure doit être donc d'un seul tenant.

Aucun compromis n'a été accepté non plus en ce qui concerne les exigences liées à la sécurité, à la résistance et au confort acoustique. Par exemple, pour plus de sécurité dans le cas d'une collision frontale décalée ("offset"), le profilé en acier du rebord de glace a été remplacé par un élément spécial en aluminium plus "performant" en raison des caractéristiques mêmes de ce matériau. Le renfort intégré aux portières est aussi en aluminium. Le capot moteur en aluminium de la Lupo 3L TDI est même 40 % plus léger que son équivalent en acier tout en répondant aux mêmes critères de résistance et de sécurité en cas de collision.

Le hayon combine de façon intéressante une coque extérieure en aluminium et un cadre intérieur en magnésium coulé sous pression. Cette pièce en magnésium présente l'avantage, outre une économie supplémentaire de poids, de permettre l'intégration de filets rapportés "hélicoïl" en aluminium à haute résistance

* Pour rappel : acier = 7,8 kg/litre
Al (aluminium) = 2,7 kg/litre
Mg (magnésium) = 1,7 kg/litre
et bien entendu Eau = 1 kg/litre !



sur lesquels sont vissés les charnières, le moteur de l'essuie-glace et les deux vérins pneumatiques permettant d'ouvrir plus facilement le hayon. Ceci rend superflus les renforts particuliers autrement nécessaires pour ces pièces rapportées, d'où une réduction importante du nombre d'éléments indispensables à la réalisation du hayon et de la main-d'œuvre importante qu'elle exigerait en supplément.

Pour des raisons liées à la technique de fonderie, le renfort de serrure est resté une seule pièce. Réalisé en aluminium, il est vissé à la partie intérieure du hayon. Des moyens importants sont mis en œuvre pour exclure la corrosion par contact de l'acier avec les éléments en magnésium et en aluminium. Ainsi, le renfort de serrure est isolé par application d'une couche de colle. L'ensemble du cadre intérieur en magnésium est revêtu d'une couche pulvérulente à base de résine d'époxy et de polyester qui assure son isolation par rapport aux éléments rapportés et constitue une protection supplémentaire contre les endommagements mécaniques. L'élément intérieur et la tôle extérieure en aluminium sont assemblés par sertissage et collage au moyen de résine époxydique.

Le hayon hybride présente de meilleures valeurs de rigidité que les hayons comparables en acier et pèse 45 % de moins. Il satisfait à toutes les exigences imposées en matière de sécurité en cas d'accident.

● **Innovations en matière de caisse nue**

Tout en conservant la structure de base de la Lupo originelle, la caisse nue de la Lupo 3L TDI s'en distingue en de nombreux points. Pour la plupart de ses éléments porteurs, on a adopté de l'acier à haute résistance. Grâce à cela, il a été possible de réduire l'épaisseur de la tôle. Ceci vaut tout particulièrement pour les longerons arrière et les panneaux latéraux. La partie inférieure de ces derniers est assemblée par brasage au laser aux bas de caisse dont la forme a été modifiée pour une meilleure aérodynamique. Ce qui augmente la rigidité de façon impressionnante, surtout quand une voiture "vieillit".

L'habitacle comporte lui aussi un grand nombre d'éléments en alliage léger. On utilise par exemple pour les cadres des dossiers de sièges des profilés extrudés et des tôles en aluminium. Sous les sièges, on trouve une nouvelle traverse, également en aluminium, qui sert aussi de support aux glissières de siège. L'armature du volant est en magnésium. Ce matériau est d'ailleurs "à nu" au niveau des branches et de l'intérieur de la couronne du volant, ce qui lui confère une élégance dépouillée et sportive. L'aluminium a également remplacé la tôle d'acier pour réaliser ce qu'il est convenu d'appeler la "plaque de montage" qui remplace le classique tablier entre l'habitacle et le compartiment moteur.

● **Les petits ruisseaux font les grandes rivières**

Afin de réduire encore le poids, l'épaisseur du vitrage a été diminuée. Le pare-brise est en verre de sécurité feuilleté 2 x 1,6 mm de verre, les vitres latérales et la lunette arrière en verre de sécurité trempé de 2,85 mm d'épaisseur.



L'économie de poids par rapport au modèle de base Lupo est ici de 3,1 kg. Le recours à de nouveaux matériaux d'absorption, plus légers et de qualité supérieure, pour l'isolation de la caisse nue a par ailleurs permis de diminuer de quasiment 50 pour cent le poids non négligeable qu'ils représentent, et ceci pour un confort acoustique inchangé.

● De nouveau trains roulants allégés

Le châssis de la "Lupo 3 litres" a été considérablement revu. Il est toujours doté du principe des jambes de force McPherson à l'avant et d'un train arrière à bras combinés avec des bras oscillants longitudinaux mais ces trains comportent maintenant une forte proportion de composants en matériaux légers. De plus, ils profitent des charges allégées auxquelles ils sont soumis dans toutes les circonstances.

Train avant

Le faux-châssis, les jambes d'amortisseur avant, les bras transversaux forgés et les étriers des freins à disques ventilés à l'avant sont réalisés en aluminium. Ces freins ont été conçus pour que le couple de freinage résiduel soit nettement inférieur aux valeurs habituelles. Les ressorts hélicoïdaux sont quant à eux en acier forgé* à haute résistance. Le faux-châssis n'est plus constitué d'une seule pièce mais de trois éléments, à savoir, deux consoles coulées sous pression reliées entre elles par une traverse pour la rigidité de laquelle on a recouru à la technique du gaufrage.

Train arrière

Le train arrière à bras oscillants longitudinaux conventionnels est réalisé en acier de plus faible épaisseur. Il est doté de ressorts en acier forgé plus courts que ceux d'origine, d'amortisseurs bitubes et de tambours de frein arrière en aluminium. Leur surface de freinage est renforcée par des particules de carborendum (Al + SiC), un "partenaire de friction" remarquable pour les garnitures de freins.

Encore un record

Volkswagen présente ainsi le frein à tambour le plus léger au monde (1,6 kg) jamais monté sur une voiture de tourisme de série. L'économie totale de poids sur les freins est de 4,0 kg à l'avant et de 3,3 kg à l'arrière.

Les roulements de roue ont été spécialement développés pour cette voiture afin d'offrir encore moins de résistance. Par ailleurs, ils ont permis de recourir à

* Le forgeage des métaux permet d'en augmenter la résistance. Ils peuvent donc être plus faiblement dimensionnés, d'où gain de poids.



un système de capteurs d'ABS dits "actifs" - à l'encombrement et au poids réduits - qui intègrent une bague magnétique passant devant un générateur d'impulsions.

Afin de réduire encore davantage la résistance au roulement, la Lupo 3L TDI est équipée de jantes en aluminium forgé chaussées de pneus "verts" 155/65 R 14 présentant une résistance au roulement réduite d'environ 30 % (obtenue tout à la fois par un profil particulier et par un mélange spécial de gommes). De plus, les câbles en acier de leur carcasse ont été remplacés par des fibres d'aramide afin de gagner du poids. L'ensemble de ces mesures ne portent d'aucune façon préjudice à la sécurité, au confort, au niveau sonore ou à la longévité des pneus !

Le carter du servofrein (en aluminium) et la colonne de direction ont également vu leur poids optimisé de même que les arbres de transmission constitués d'arbres d'une pièce formés à froid et présentant un joint de cardan plus petit du côté roue.

Le gain de poids réalisé sur les seuls trains roulants est exceptionnel. Il est de l'ordre de 60 kg dont une très grande proportion de poids non-suspendu.

Etant donné que le mécanisme d'une servodirection classique consomme en permanence de l'énergie par l'entraînement continu de la pompe, la Lupo 3L TDI n'en est pas dotée d'office. Aussi Volkswagen a-t-il développé pour cette voiture une servodirection électromécanique qui sera ultérieurement disponible en option. Par rapport à un système hydraulique, celle-ci présente l'avantage d'être plus légère et de ne fonctionner que lorsque cela s'avère nécessaire. Le choix de cette assistance électrique implique cependant de renoncer au système stop/start.

La roue de secours a été remplacée par un kit de dépannage qui comprend un flacon de produit d'étanchéité liquide et une pompe à air électrique. Le cuvelage dans le coffre à bagages offre cependant suffisamment de place pour une roue d'urgence qui peut être commandée à la place du kit de dépannage.

Peaufinage aérodynamique, encore des records

De par sa forme et grâce, entre autres, à ses phares et vitres montés en affleurement avec la carrosserie, la Lupo présentait déjà une faible résistance à l'air. Ramener son Cx de 0,32 à 0,29 et son coefficient de traînée S.Cx de 0,62 m² à 0,57 m² - des valeurs records dans cette classe de véhicules - relève de l'exploit. Et cela surtout compte tenu du fait que cela n'a impliqué aucun recours à des éléments rapportés source d'augmentation de poids.

- Afin de minimiser la résistance à l'air résultant du captage d'air de refroidissement, l'écope supérieure a été complètement fermée et déplacée vers le bas. De plus, les éléments de guidage de l'air ont été optimisés.



- ▶ Les clignoteurs ronds en retrait par rapport à la carrosserie ont été remplacés par d'autres, trapézoïdaux, plus en affleurement.
- ▶ Une grande partie du dessous du véhicule est plus lisse.
- ▶ Les bas de caisse ont été plus généreusement dimensionnés vers le bas et se terminent, à l'arrière, par un rebord de diffusion, ceci dans le but d'optimiser l'écoulement de l'air le long de la voiture.
- ▶ Le pare-chocs avant a été doté d'un spoiler et l'arrière d'un diffuseur intégré.
- ▶ Finalement, le dessus du hayon a été étiré vers l'arrière - il est plus vertical - pour former une arête franche de décollement des filets d'air passant au-dessus de la voiture.
- ▶ Les trains roulants aussi ont fait l'objet de mesures favorables à l'aérodynamique. Ainsi, la voiture a été surbaissée de 10 mm afin d'améliorer l'écoulement de l'air sous celui-ci. La voie avant a été élargie de 33 mm. L'affleurement qui en résulte entre les roues avant et l'extérieur de la carrosserie tempère et favorise l'écoulement de l'air au niveau des passages de roue. Le design des roues elles-mêmes a été étudié afin de leur donner un profil particulièrement aérodynamique.

● Un bienfait ne vient jamais seul !

Ce peaufinage aérodynamique profite aussi à la réduction des bruits aérodynamiques et une conséquence annexe et digne d'éloges du lissage de l'avant est qu'il constitue en plus la meilleure solution actuellement imaginée pour diminuer le risque de blessure encouru par un piéton ou un cycliste heurté par un véhicule.

Sécurité

Malgré son poids sensiblement réduit, la Lupo "3 litres" satisfait aux sévères normes de sécurité fixées par Volkswagen. Par leur conception complexe, certains éléments allégés qui jouent un rôle en cas d'accident sont même plus "performants" que leurs équivalents en acier. La voiture doit aussi son niveau de sécurité passive de très haut niveau aux airbags frontaux full-size, aux 4 appuie-tête, aux rétracteurs de ceinture à déclenchement pyrotechnique et à la colonne de direction de sécurité en plusieurs éléments dotée d'un élément cunéiforme l'empêchant de se redresser dans l'habitacle en cas de choc frontal violent.



Dans le détail, la carrosserie présente une multitude de mesures qui maintiennent à un niveau peu élevé le danger de blessure en cas de collision frontale. Ces mesures comprennent notamment l'assemblage constitué par les longerons avant prolongés jusque sous les traverses de sièges, la traverse de pare-chocs rigide en flexion et la traverse intégrée entre les passages de roue. Toute la construction est optimisée pour permettre l'absorption d'un maximum d'énergie. En cas de collision frontale décalée ("offset"), l'énergie d'impact est "déviée" vers le côté de la voiture opposé au point d'impact, cette répartition diminuant la déformation du plancher. Toujours en cas de collision frontale, les longerons supplémentaires intégrés aux passages de roue permettent, en combinaison avec les renforts rigides des pertuis de porte, un transfert de l'énergie d'impact vers l'arrière du véhicule. Ce deuxième niveau de force aussi garantit une faible déformation de l'habitacle.

Le profilé de protection logé dans les portières est réalisé en aluminium. Son action protectrice en cas de collision latérale est complétée par celle d'un profilé de renforcement dans la partie inférieure de la portière. Cet élément est soudé à l'avant au renfort de charnière et, à l'arrière, au renfort de serrure. Au niveau du chant inférieur de la portière, un crochet de retenue massif est vissé sur ce profilé de renforcement. En cas d'accident, ce crochet prend dans un profilé de section en forme d'oméga majuscule ("Hutprofil") intégré au renfort de seuil de porte, assurant une meilleure solidarisation des pièces entre elles et une diffusion du flux d'énergie d'impact vers les montants et le plancher.

La solide coquille des sièges avant en tôle d'acier et la forme du rembourrage des sièges empêchent son occupant de glisser sous la sangle sous-abdominale ("sous-marinage"). Le rétracteur pyrotechnique des ceintures avant est équipé d'un limiteur de tension, de sorte que, même lors d'accidents extrêmement graves, les forces exercées par les ceintures restent à un niveau tolérable. Ces ceintures sont équipées d'un "détecteur de port". Cette mesure évite une activation inutile du rétracteur pyrotechnique si la ceinture n'est pas mise.

Les airbags de grande capacité (52 l pour le conducteur et 100 l pour le passager) fonctionnent avec un agent propulseur sans acide, donc écologique. Les airbags latéraux, qui seront proposés en option ultérieurement ont un volume de 12 l et leur forme est telle qu'ils protègent le thorax, l'abdomen et le bassin. Logés dans le dossier des sièges, ils garantissent une protection optimale indépendamment du réglage du siège.

En cas de collision par l'arrière, la tête est retenue efficacement par l'appuie-tête ajouré. Comme sur les berlines de la catégorie supérieure, leur hauteur maximale a été conçue pour le 95e percentile des adultes du sexe masculin - c'est-à-dire un spectre très vaste de la population - donc également pour les personnes de très grande taille.

A l'arrière aussi, la Lupo 3L TDI est dotée d'appuie-tête de résultat. Toujours à l'arrière, on trouve des points d'ancrage permettant d'y installer deux sièges-enfant à ancrage Isofix. Le dossier de la banquette arrière, dont l'inclinaison peut être réglée sur deux positions (une habitude de Volkswagen depuis de très nombreuses années sur ses modèles de petites dimensions), répond à toutes les exigences en vigueur dans le monde en ce qui concerne la protection des occupants vis-à-vis d'une intrusion éventuelle d'objets lourds transportés dans le coffre. Celui-ci est d'ailleurs pourvu de quatre solides œilletons d'arrimage.



L'ABS à quatre canaux qui équipe la voiture de série rehausse pour sa part encore son niveau de sécurité active.

A voiture nouvelle, méthodes de production nouvelles

● L'innovation naît de l'interaction entre différentes approches

La Volkswagen "Lupo 3 litres" est le fruit d'une intense collaboration d'une part, entre les départements du Développement et celui de la Production et, d'autre part, avec les fournisseurs de produits semi-finis et de composants, les mesures mises au point pour alléger la construction devant aboutir à une fabrication de haute qualité.

L'adoption de nouveaux matériaux entraîne un grand nombre de modifications au niveau du processus de production à cause des nouveaux procédés d'usinage et de traitement des matériaux. Cela impose de nouvelles exigences aux structures de fabrication, aux installations et aux machines utilisées, mais aussi et surtout au personnel de la production. Malgré les nouveaux procédés de fabrication, les principes maintenant éprouvés de la production à partir de modules ont été conservés.

● Nouvelle conception de l'usine

La production de composants en aluminium rend nécessaire une nouvelle structure de l'usine permettant le traitement de l'aluminium dans des locaux séparés de ceux où l'on travaille d'autres matériaux comme l'acier. Cela prévient l'apparition de la corrosion par contact. De surcroît, l'aluminium exige des mesures de sécurité particulières, comme des dispositifs spéciaux d'extraction des fumées.

Des procédés thermiques spécifiques pour le pré-traitement et le post-traitement des surfaces sont mis en œuvre dans la production des composants en aluminium. Après leur mise en forme dans l'atelier d'emboutissage, les pièces brutes sont lavées et rendues électriquement passives. Elles sont ensuite assemblées en composants complets et subissent un traitement de durcissement.

● Des procédés de production innovateurs

Des techniques d'avant-garde sont également employées pour l'assemblage des différents composants. Pour la fabrication des portes et des ailes, les toutes récentes techniques d'assemblage comme le rivetage par poinçonnage et le clinching ont été mises en œuvre, une première pour la marque Volkswagen.



Lors du rivetage par poinçonnage, les pièces à assembler sont reliées les unes aux autres sans perçage préalable. Au point de jonction des pièces à assembler, le demi-rivet creux est apporté par la pince à riveter par poinçonnage. Le rivet transperce la couche de tôle supérieure et, tout en s'ouvrant, il déforme la couche de tôle inférieure pour en faire une tête de fermeture. Ainsi, la couche de tôle inférieure est seulement déformée et non pas entièrement perforée et tant la solidité que l'aspect de cette liaison sont parfaits.

Le cadre intérieur du capot moteur est assemblé grâce à ce rivetage par poinçonnage pour être ensuite serti en son extrémité et collé avec de la résine époxydique à la tôle extérieure comme on le fait aussi habituellement pour la tôle d'acier. Pour des raisons de protection anticorrosion, les pièces rapportées en acier, tels les renforts pour les vérins pneumatiques, sont traitées selon le procédé Dacromet et vissées. Les tôles intérieure et extérieure sont en plus assemblées au moyen d'une colle élastique composite spéciale pour métaux.

Pour la fabrication des portes, on recourt en plus au clinching. Celui-ci permet de faire l'économie d'un rivet supplémentaire. Les composants sont placés avec la partie à assembler sur une matrice. Le poinçon s'abaisse sur les composants et comprime les pièces d'assemblage contre la matrice. La force exercée est telle que la tôle supérieure s'enfonce pour ainsi dire dans la tôle inférieure, créant un "verrouillage" par emboîtement ne présentant aucun relief !

Le brasage au laser utilisé pour assembler par exemple le flanc complet de l'auto au seuil de porte permet d'obtenir un assemblage extrêmement résistant des composants tout en garantissant un aspect de surface de haute qualité. Un matériau d'apport est introduit de façon ciblée au point de jonction et fondu par le rayon laser, ce qui entraîne la liaison étanche entre les tôles supérieure et inférieure. De plus, grâce à l'assemblage du seuil de porte par le procédé de soudage au laser, on évite de devoir recourir au doublage de la tôle sur le panneau latéral.

Les outils de mise en forme des composants en aluminium ont été fabriqués par la division "Equipements et construction d'outillage" de l'usine de Wolfsburg. Une haute qualité a pu ainsi être assurée aux installations tandis que, parallèlement, le personnel recevait une formation poussée axée sur les particularités du matériau.

● "Artisanat" et flexibilité

Le passage à de nouveaux matériaux et à des techniques nouvelles de production confronte le personnel qualifié à de nouvelles exigences liées à la mise en pratique, dans le cadre d'une production de haute qualité, des connaissances issues de la recherche et du développement des véhicules. La flexibilité est de ce fait une exigence de tout premier ordre imposée aux collaborateurs qui exécutent les nouvelles séquences opératoires conditionnées par le matériau.

Dans le cas de la Lupo 3L TDI, constituée à 80 pour cent de nouvelles pièces, le processus habituel de production à la chaîne a été remplacé par des processus moins mécanisés et, dans certains cas, l'équipe de production en est revenu à de la manufacture. Avec l'équipement le plus moderne qui soit évidemment.



Tous les composants de la nouvelle voiture sont produits à Wolfsburg, de sorte que l'usine Volkswagen dispose désormais d'une infrastructure pouvant servir d'embryon à tous les futurs développements dans le domaine de la construction de voitures légères.

La Lupo 3L TDI est fabriquée sur une ligne parallèle à celle des autres Lupo. Cette production séparée, qui a déjà commencé, permet une réaction très souple à l'évolution du marché. Cette année encore il en sera produit 7.500 unités. Au besoin, la capacité de production peut atteindre un nombre à 5 chiffres.

Le bilan écologique

La Lupo 3L TDI est constituée de moins d'éléments en acier que la Lupo classique. Par contre, elle compte plus de pièces en alliage léger. En dehors de cela, il a été fait usage de moins de matériaux, y compris de plastique. Le poids à vide de 830 kg se décompose ainsi :

- 417 kg d'acier (50,5 %),
- 136 kg de métaux légers (16,4 %, dont 3,7 kg de magnésium),
- 116 kg de matières synthétiques (14,0 %),
- 47 kg de carburant, huile et graisse (5,7 %),
- 37 kg de pièces électriques (moteurs, câbles, 4,5 %) et
- 23 kg de verre (2,8 %).

Le caoutchouc, les matières insonorisantes, les métaux non ferreux, les peintures, les cires et une petite quantité d'éléments divers (dont les airbags constituent l'essentiel) représentent le poids restant.

En raison du pourcentage plus élevé de matériaux légers, la quantité d'énergie nécessaire à la production primaire est légèrement supérieure. Ceci se trouve cependant compensé par les excellentes propriétés de recyclage de l'alliage léger. L'extraordinaire sobriété du véhicule est pour sa part synonyme de consommation énergétique extrêmement faible pendant la phase d'utilisation de la voiture. S'y ajoute que la fabrication du diesel nécessite moins d'énergie que celle d'essence.

La comparaison des "bilans écologiques" d'une Golf III à essence et d'une Lupo 3L TDI parcourant 150.000 km en 10 ans en consommant en moyenne respectivement 8,1 l/100 km* et 3,0 l/100 km donne les résultats suivants pour la Lupo :

-
- La consommation totale d'énergie primaire (nécessaire pour la construction du véhicule et son utilisation et pour produire le carburant et l'huile qu'il utilise) baisse d'environ 53 % (de 150 MWh à 70 MWh).

Raison : consommation plus faible et meilleur processus de raffinement

* valeur moyenne non liée à une motorisation particulière



-
- Les émissions de CO₂ sont plus que réduites de moitié (de 36 t à 16 t).

Raison : la plus faible consommation.

-
- Les émissions de HC (hydrocarbures non brûlés) sont ramenées au quart de ce qu'elles étaient (de 160 à 40 kg).

Raison : moindres pertes dans la chaîne de distribution entre le raffinement et le réservoir du véhicule dans le cas de carburant diesel.

-
- Les émissions de dioxyde de soufre baissent de 40 % (de 34 à 20 kg).

Raison : faible consommation combinée à une teneur en soufre en baisse dans le diesel. Une diminution supplémentaire de la teneur en soufre à l'avenir et l'emploi partiel de biodiesel feront encore baisser ces émissions.

-
- Les émissions de NOx augmentent (51 kg au lieu de 26 kg).

Raison : moteur diesel avec catalyseur à oxydation au lieu d'un moteur à essence avec catalyseur à 3 voies.

-
- Les émissions de particules augmentent d'environ 25 %.

Raison : moteur diesel au lieu de moteur à essence. Avec des émissions de particules de 0,0016 g/km, la Lupo 3L TDI se situe à un très bon niveau pour un modèle diesel. Cette valeur reste naturellement plus élevée que celle d'un moteur à essence, mais la recherche avancée en médecine ne paraît aujourd'hui plus aussi certaine de la nocivité supérieure des particules plus grosses.

Il ne fait donc aucun doute qu'avec ses faibles émissions et sa très faible consommation, la Lupo 3L TDI est l'automobile de série la plus sobre au monde et en même temps la plus respectueuse de l'environnement.



Les principales innovations en bref

Arbre d'équilibrage :

arbre doté de contre-poids qui tourne dans le sens opposé à celui du vilebrequin. Logé dans la partie inférieure du carter de vilebrequin, il génère le balourd recherché pour compenser les vibrations qui sont forcément plus importantes sur un trois cylindres que sur un moteur à plus de cylindres.

Bloc-alu :

bloc moteur à la fois particulièrement léger et rigide, en aluminium et non pas en fonte comme c'est habituellement le cas en diesel.

Boîte de vitesses mécanique à commande directe :

transmission automatisée de la force. Elle allie le confort d'utilisation d'une boîte automatique (pas de pédale d'embrayage) au rendement plus élevé d'une boîte mécanique. Grâce à la fonction Tiptronic, les vitesses peuvent aussi être passées "sportivement" à la main suivant la volonté exclusive du conducteur.

Chauffage à coefficient positif de température :

échauffement supplémentaire de l'air de chauffage par des résistances électriques (même principe qu'un sèche cheveux). Lorsque la pleine puissance du chauffage est demandée après un démarrage à froid, il fonctionne tant que l'eau de refroidissement n'a pas atteint la température nécessaire. Un alternateur de puissance adaptée assure la fourniture supérieure en courant électrique.

Injecteurs-pompe :

unités placées dans la culasse, comprenant un élément pompe et un injecteur, le tout entraîné par l'arbre à cames. Volkswagen est le premier constructeur à avoir appliqué ce principe d'avant-garde à des voitures de tourisme. Le système d'injecteurs-pompe permet d'atteindre des pressions d'injection particulièrement élevées (supérieures à 2.000 bar).

Mode "Economique" :

la boîte de vitesses passe automatiquement les vitesses. Les points de passage sont choisis de manière à assurer la consommation la plus faible, la puissance maxi du moteur étant réduite au strict nécessaire par la gestion de mo-



teur. Le kick-down permet cependant à tout moment de solliciter toute la puissance disponible. Les fonctions "Stop/start et "roue libre" sont activées exclusivement en mode économique.

Rouler en roue libre :

en mode "Economique", l'embrayage est désolidarisé dès qu'on lève le pied de l'accélérateur. La voiture roule alors en roue libre, le moteur tournant au ralenti en consommant un minimum de carburant. Lorsque la pédale de frein est actionnée, l'embrayage est de nouveau fermé pour exploiter le frein moteur. Grâce à la coupure d'alimentation à la décélération, le moteur ne consomme rien à la retenue. Après la nécessaire période d'adaptation à cette technologie de la roue libre - assez largement présente il y a quelques décennies - les conducteurs et leurs passagers apprécient le calme et le silence étonnants qu'elle génère.

Système "Stop/start" :

dans le mode "Economique", le moteur s'arrête au bout de trois secondes lorsque le véhicule est à l'arrêt et le frein de service actionné. Dès que la pédale de frein est lâchée, le moteur se remet immédiatement en marche permettant un redémarrage instantané.

Tiptronic :

passage rapide et sportif ("séquentiel") des vitesses par impulsion légère sur le levier de vitesses.

Trois cylindres :

type de construction de plus en plus populaire dans le cas d'une petite cylindrée. Il y a moins de pièces en mouvement, moins de frictions. De plus, les cylindrées unitaires plus importantes contribuent à améliorer le rendement du moteur.

Voiture "trois litres" :

les émissions de CO₂ ne peuvent pas être supérieures à 90 g/km pour qu'une voiture soit reconnue officiellement comme voiture définie en Allemagne comme "3L". Dans le cas d'un moteur diesel, cela correspond à une consommation de 3,4 l/100 km. Avec ses 81 g/km (sa consommation calculée selon la norme MVEG ne s'élève qu'à 2,99 l/100 km), la Lupo 3L TDI se trouve bien en dessous de la limite.



Equipement

Par son équipement, la Lupo 3L TDI se révèle être tout autre chose qu'une "écomobile" chichement dotée. Son équipement correspond dans les grandes lignes à celui des autres Lupo. Il s'en distingue par les éléments suivants :

Equipement extérieur

- boîtiers de rétroviseurs, poignées de porte et listels de toit de couleur carrosserie
- clignotants blancs sur les flancs
- jantes forgées en alliage léger 4,5 J x 14 et pneus de 155 / 65 R 14 à faible résistance au roulement
- pour des raisons d'ordre aérodynamique, le listel de protection sur les flancs est supprimé

Equipement intérieur

- banquette arrière d'une pièce pour 2 personnes, rabattable
- volant high-tech avec armature en magnésium servant en même temps d'élément décoratif
- finition intérieure en tissu de qualité supérieure
- prééquipement radio

Equipement fonctionnel

- ABS
- combiné d'instruments avec, en plus,
 - indicateurs de consommation instantanée et moyenne,
 - affichage du rapport enclenché,
 - signal invitant à passer le rapport supérieur en mode Tiptronic
- kit crevaïson
- pour des raisons de consommation, le véhicule n'est pas équipé d'une direction assistée, celle-ci pourra cependant être commandée en option



Garanties anticorrosion inchangées

La Lupo 3L TDI dispose d'une coque nue en acier galvanisé sur ses deux faces sur laquelle sont montés des éléments rapportés réalisés dans un alliage d'aluminium résistant à la corrosion et, pour le hayon, en aluminium et magnésium.

Comme déjà décrit dans le chapitre "carrosserie", tout a été mis en œuvre pour éviter la corrosion par contact entre les éléments en acier, en aluminium et en magnésium. Cela implique entre autres aussi que toutes les pièces en acier en contact avec de l'aluminium (charnières, arrêts de porte, vis, rivets, etc.) ont fait l'objet d'un traitement de surface spécifique.

Tous les matériaux non métalliques tels que les matières synthétiques, les produits d'étanchéité, le caoutchouc et les colles en contact avec de l'aluminium ou du magnésium sont caractérisés par une résistivité élevée et ont été testés quant à leur comportement en matière de corrosion par contact.

La corrosion par contact est également évitée par l'écartement des renforts dans les montants et les pièces rapportées.

Ces mesures sont complétées par la protection :

- des corps creux par leur inondation au moyen de cire chaude (un procédé excluant l'utilisation de solvants),
- du soubassement au moyen de PVC aux endroits les plus exposés aux projections de gravillons et de "surfaceur" (peinture épaisse) à d'autres endroits,
- des passages de roue par des coquilles (en matière synthétique à l'avant, en matière textile à l'arrière).

L'ensemble de ces mesures permet à Volkswagen d'accorder également sur la Lupo 3L TDI une garantie de 12 ans contre la perforation due à la corrosion et de 3 ans couvrant tous les défauts de peinture de la carrosserie.



Conclusion

Avec la Lupo 3L TDI, Volkswagen relève les défis du siècle prochain. Discrète et sympathique, cette voiture témoigne, "transpire" même, d'un bout à l'autre l'understatement et la raison, donnant ainsi le ton à une époque où les valeurs écologiques sont en pleine mutation. Elle permet d'économiser sans devoir renoncer à quoi que ce soit. Elle est synonyme de plaisir de conduite sans mauvaise conscience. Elle pourrait devenir la référence par excellence pour les automobilistes qui optent consciemment pour une mobilité individuelle responsable. Une responsabilité discrètement affichée sur le hayon de la voiture sous la forme des caractères verts utilisés pour le sigle "3L" et les lettres "DI" du logo TDI qui rappellent les techniques spécifiques et l'engagement écologique de la Volkswagen "3 litres".

Le pari du début de la décennie est tenu plus d'un an avant la fin de ce siècle.



Lupo 3L TDI - 45 kW (61 CV)

MOTEUR	transversal	
Carburant	diesel	
Nombre de cylindres	3	
Cylindrée, cm ³	1.191	
Alésage x course, mm	76,5 x 86,4	
Taux de compression	19,5 : 1	
Puissance maxi., kW (CV) (selon CE 80/1269) à t/min.	45 (61) 4.000	33 (45) ⁽¹⁾ 3.000
Couple maxi., Nm à t/min.	140 1.800 - 2.400	120 ⁽¹⁾ 1.600 - 2400
Préparation du mélange	injection directe à commande électronique EDC, injecteurs-pompe	
Suralimentation	turbo avec turbine à géométrie variable (VTG) / intercooler	
Épuration des gaz	précatalyseur, catalyseur à oxydation, recirculation des gaz refroidissement des gaz recyclés	

TRANSMISSION	traction avant	
Nombre de vitesses	5V	
Rapports :	1e	3,45
	2e	1,96
	3e	1,18
	4e	0,81
	5e	0,64
Marche arrière	3,39	
Pont	3,33	
Vitesse à 1.000 t/min. (rapport sup.), km/h	47,86	

CHASSIS		
Train avant	jambes de force Mac Pherson, triangles obliques inférieurs, stabilisateur	
Train arrière	en U à bras combinés, ressorts et amortisseurs à gaz séparés	

SYSTEME DE FREINAGE	double circuit en diagonale, D vent./T, ABS	
Régulateur de freinage	électronique (EBV)	

DIRECTION	à crémaillère	
Diamètre de braquage, m	10,33	
Rapport de démultiplication	4,2 : 1	

JANTES - PNEUS	4 J x 14 - 155/65 R 14 T	
-----------------------	--------------------------	--

DIMENSIONS ET POIDS		
Longueur/largeur/hauteur, mm	3.529/1.621/1.455	
Empattement, mm	2.319	
Voie avant/arrière, mm	1.425/1.400	
Cx - Cx.S	0,29 - 0,57	
Largeur aux coudes avant/arrière, mm	1.367/1.345	
Volume de chargement, l (VDA) - avec dossier rabattu, l	130 830	
Poids à vide, kg	830	
MMA, kg	1.190	
Masse max. tractable freinée/non freinée, kg (pente 12 %)	n.c.	

⁽¹⁾ En mode «Eco»



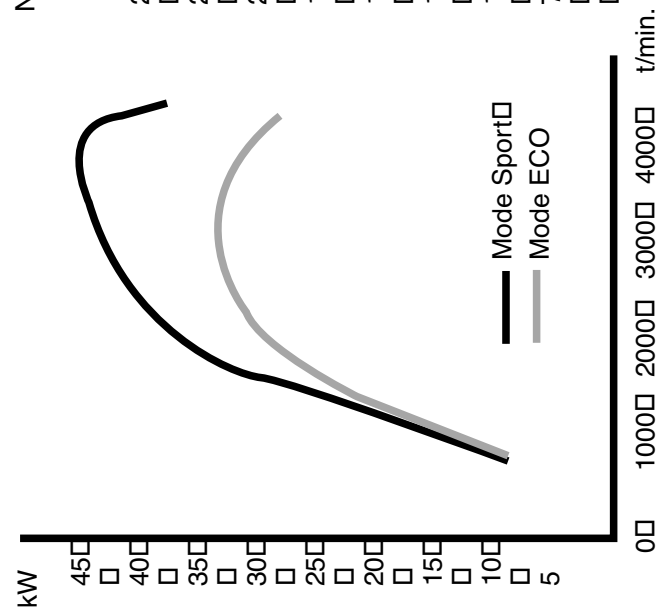
Lupo 3L TDI - 45 kW (61 CV)

PERFORMANCES (à vide + 200 kg) ⁽¹⁾		5V
Vitesse max., km/h		165
Accélération, sec.		
0 - 80 km/h		10,5
0 - 100 km/h		14,5
0 - 400 m		19,5
0 - 1.000 m		36,0
Reprise, sec		
60 - 100 km/h (en 4 ^e /5 ^e)		11,5 / 17,0
80 - 120 km/h (en 4 ^e /5 ^e)		13,0 / 17,5
CONSOMMATION , l/100 km ⁽²⁾		
(selon 93/116/CE) :		
«urbaine»		3,6
«interurbaine»		2,7
moyenne «Euromix»		2,99
Capacité du réservoir, l		34
EMISSIONS , g/km		
CO ₂		81
HC + NOx		0,24
Particules		0,02

(1) en mode Tiptronic
(2) en mode Automatique «Eco»



Comparaison des courbes de puissance



Comparaison des courbes de couple

