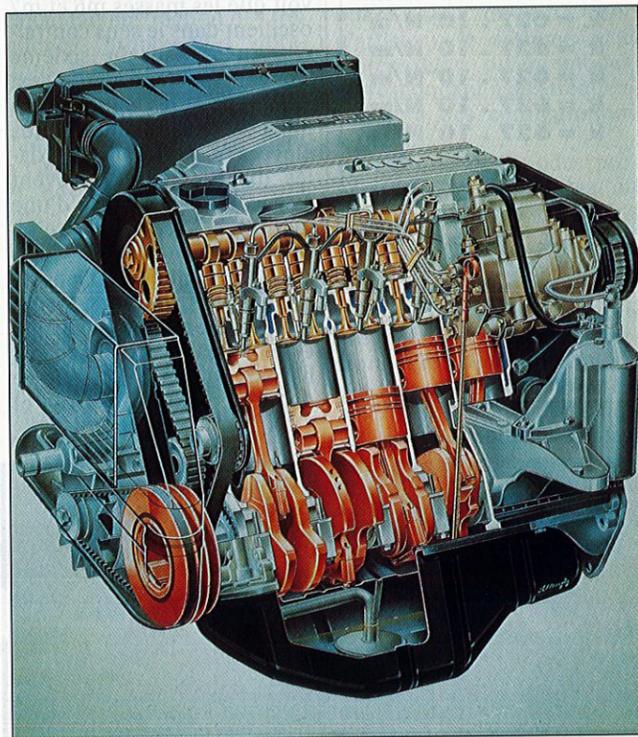


# AUDI 100 TDI

## PERFORMANCES A L'ECONOMIE

**Audi propose le premier diesel turbo-compressé à injection directe par une berline. Un cocktail réussi entre performance et consommation. Plus surprenant reste l'utilisation du 5 cylindres Audi pour cette nouvelle technique.**



**Coupe du 5 cylindres TDI de l'Audi 100. On peut voir les pistons munis de leur chambre de turbulences.**

**D**EPUIS quelques temps, le système d'injection directe est appliqué aux moteurs de poids lourds pour des raisons d'économie de carburant. L'application de ce système aux moteurs destinés aux voitures de tourisme s'est heurtée jusqu'à présent à un comportement non satisfaisant au point de vue confort : une injection directe traditionnelle provoque d'importants bruits de combustion non acceptables pour une voiture de tourisme. Par son "système d'injection directe de la deuxième génération", Audi a maintenant trouvé un chemin qui permet d'utiliser ce système pour des voitures de tourisme de la classe moyenne supérieure sans en diminuer le confort. Les éléments essentiels du système d'injection directe de la nouvelle génération sont : le pilotage entièrement électronique, l'injection directe haute pression et le support d'injecteur à 2 ressorts combiné à un injecteur à 5 trous. Le support d'injecteur à 2 ressorts assure que le carburant soit injecté en deux phases dans la chambre de combustion. La plus faible augmentation de pression dans le cylin-

dre permet une combustion plus souple qui réduit les bruits de combustion. Le début d'injection et la quantité de carburant injectée sont réglés et surveillés électroniquement, ce qui garantit de faibles émissions nocives, des performances élevées du moteur et une consommation réduite dans toutes les conditions de fonctionnement et pour toute la durée de vie du moteur. Pour amortir de façon efficace les bruits d'auto-allumage, on a blindé tout le comparti-

ment du moteur. De plus, on a utilisé pour le moteur turbo diesel des paliers hydrauliques dotés d'amortisseurs à commande électronique et variable. La transmission des mouvements de secousse, typiques pour un moteur diesel au ralenti, est ainsi évitée. Ce moteur à injection directe reprend les bases du 5 cylindres TD de 2 litres, développent 100 ch. Si la puissance fait un saut modeste de 100 à 120 ch. En revanche, le couple effectue un sacré bond, en passant de 192 à 265 Nm. Il est

tout de même étonnant de voir Audi proposer une nouvelle technologie sur un moteur 5 cylindres qui risque fort de disparaître dès la prochaine apparition d'une nouvelle Audi 100 (salon 1991). Les cinq cylindres ne tiennent pas techniquement face aux six cylindres et seuls les problèmes d'encombrement justifient son utilisation. Mercedes est dans le même cas avec sa 190 Turbo Diesel et avance les mêmes soucis d'encombrement. (Voir encadré).

La cylindrée de ce moteur à cinq cylindres atteint 2 460 cm<sup>3</sup>. La culasse possède un arbre à cames en tête et des poussoirs en coupelle avec des compensateurs hydrauliques du jeu de soupapes. L'arbre à cames et la pompe d'injection à distributeur sont commandés chacun par une courroie crantée. Les systèmes d'admission et d'échappement sont agencés du même côté. Le vilebrequin, les bielles et les pistons sont adaptés aux sollicitations du moteur à injection directe tournant à

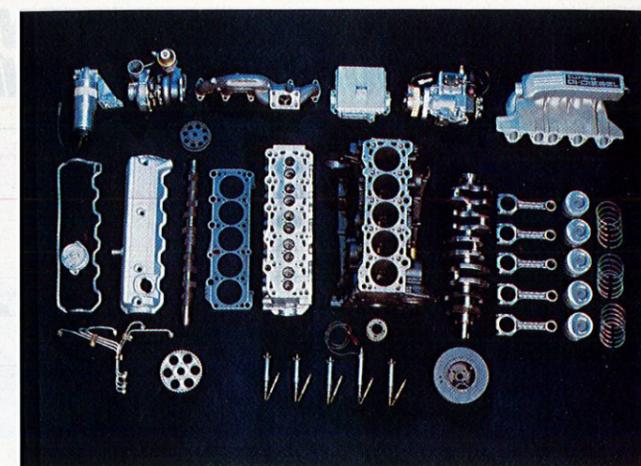
des régimes élevés. La réalisation d'une chambre de combustion de forme optimale a exigé d'importants travaux d'études. Le résultat en est un creux dans le fond du piston avec un petit bourrelet nommé "chapeau mexicain". Au point de vue formation du mélange et combustion, cette forme est considérée comme optimale, par Audi. Grâce à un petit turbo-compresseur avec soupape de levée de by-pass intégrée, une forte pression de suralimentation s'établit dès les bas régimes et le moteur fait preuve d'une bonne réponse. Le radiateur d'air de suralimentation se trouve dans la partie avant du véhicule, et assure un refroidissement à 70 °C de l'air de suralimentation.

### PILOTAGE ÉLECTRONIQUE DU MOTEUR

Les objectifs ambitieux en vue de réduire la consommation et les émissions nocives, d'augmenter la puissance du moteur et d'améliorer le confort de conduite exigent un système d'injection de carburant à régulation entièrement électronique. Pour la commande de la combustion, le "cerveau électronique" permet d'exploiter les paramètres les plus divers que l'on ne peut pas utiliser pour la régulation mécanique. Seuls les moyens électroniques disponibles ont permis d'obtenir un fonctionnement souple de ce moteur à injection directe tournant à haut régime. En outre, le système électronique garantit pendant toute la durée de vie du moteur que la quantité de carburant injectée et le point d'injection soient respectés avec précision dans toutes les conditions de fonctionnement du moteur. Les paramètres de régulation les plus importants sont : le régime du moteur, la pression de suralimentation et la position de la pédale d'accélérateur. Les températures de l'air ambiant, du liquide de refroidissement et du carburant sont transmises continuellement à l'appareil de



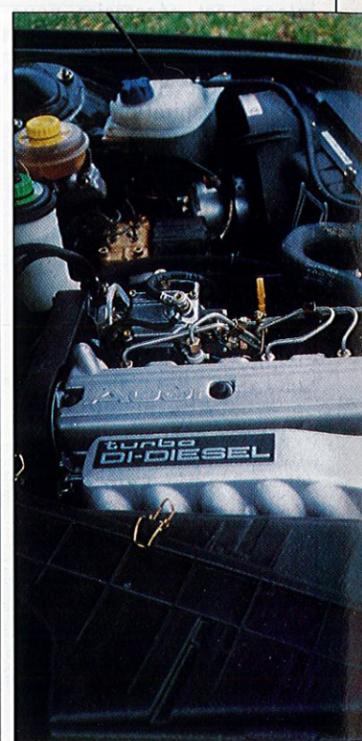
**Extérieurement seul le logo TDI sur le coffre permet de distinguer la Turbo diesel à injection directe dans la gamme Audi 100.**



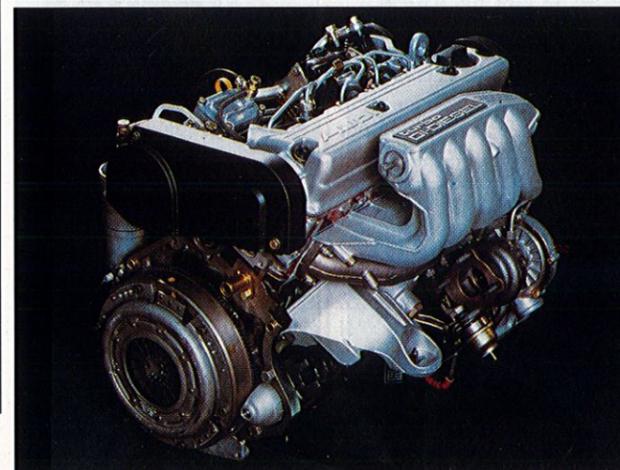
**Le moteur à nu. Une vision qui ravit toujours, les amateurs de belles mécaniques.**

commande par l'intermédiaire de sondes. L'appareil de commande comprend deux microprocesseurs qui exploitent ces signaux et les comparent avec les valeurs assignées mémorisées. Des programmes de calcul très précis fournissent les paramètres de commande adéquats aux appareils de réglage correspondants. Une commande à incandescence, intégrée dans l'appareil de commande électronique, comprend trois phases : préchauffage, disponibilité et incandescence. Sur le moteur Audi TDI, le préchauffage n'est nécessaire qu'aux températures inférieures à environ - 10°C. Dans la phase de disponibilité - il s'agit de la phase entre l'extinction du témoin de préchauffage et le démarrage - les bougies à incandescence sont maintenues sous tension pendant cinq secondes au maximum pour garantir un départ sûr du

moteur. La phase d'incandescence est utilisée également pour améliorer le ralenti lorsque les températures sont extrêmement basses, afin de réduire les bruits et les émissions d'hydrocarbures. Ce moteur à injection directe satisfait à tous les règlements en vigueur en République fédérale d'Allemagne ainsi qu'aux règlements européens relatifs aux gaz d'échappement. Actuellement, il se situe déjà en dessous de la limite de 0,8 gramme de particules par test, envisagée pour 1992 en Europe. La consommation extrêmement réduite a pour conséquence que les valeurs de CO<sup>2</sup> sont très faibles. La pompe d'injection réglée par cartographie a permis de réduire les émissions nocives ainsi que les fumées noires. Grâce à la correction d'altitude, aucune fumée noire n'est visible, ni même aux altitudes élevées.



**Pas un millimètre de perdu, sous le capot de l'Audi 100. En haut à droite, on aperçoit l'échangeur d'air d'admission et le radiateur. En effet la longueur sous le capot est si limitée, que le radiateur ne peut pas venir, comme la tradition le veut, en bout de moteur.**

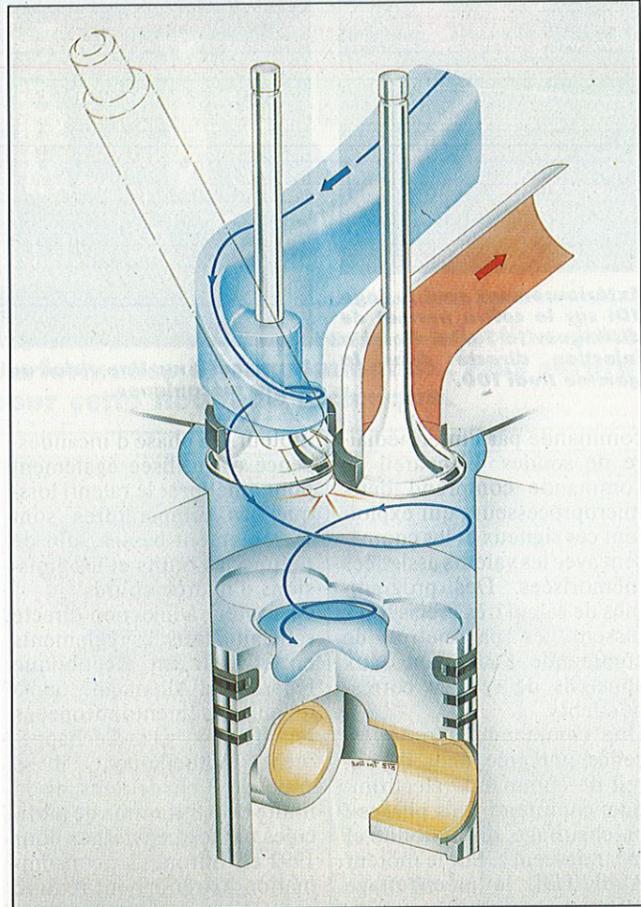


**Le 5 cylindres est très compact et la mise en place du turbo n'a pas grévé l'encombrement. Les tubulures d'admission et d'échappement sortent du même côté.**

## INJECTION DIRECTE : TOURBILLONS D'AIR ET DEUX PHASES

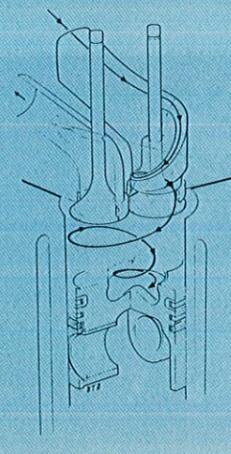
**S**UR le moteur à injection directe, le carburant est donc injecté directement — sans détours — dans la chambre de combustion principale. Une préparation intense du mélange est la condition essentielle d'un processus de combustion optimal et d'une combustion complète. Au cours de longs essais et travaux d'études Audi a mis au point une culasse qui est spécialement adaptée aux exigences d'un moteur à injection directe. Un tourbillonnement d'air intense est nécessaire pour obtenir une bonne combustion. Pour cette raison, l'air aspiré doit traverser des canaux d'aspiration disposés en spirale dans la culasse et provoquant un mouvement tourbillonnaire avant de parvenir dans la chambre de combustion.

En outre, le moteur à injection directe de Audi de 2,5 litres de cylindrée est doté d'une pompe d'injection à distributeur de haut rendement, spécialement mise au point pour ce moteur. Cette pompe permet d'établir une pression pouvant atteindre 900 bars et autorisant des temps d'injection courts. A titre de comparaison : sur les moteurs diesel à chambre de précombustion, la pression d'injection n'a pas besoin d'être supérieure à 450 bars. Cette pression élevée garantit aussi une très fine pulvérisation du gazole dans la chambre de combustion, à laquelle contribuent également les nouveaux injecteurs, dotés de cinq trous chacun (diamètre de chaque trou : 0,21 mm). Le moteur à injection directe a l'avantage de consommer peu de carburant et le désavantage de provoquer des bruits de combustion relativement élevés. Pour rendre la combustion "plus souple", les ingénieurs Audi ont appliqué pour la première fois sur un moteur à injection directe à jets multiples l'injection en deux phases obtenue moyennant un support d'injecteur à deux ressorts. Lors de la première levée, la quantité de

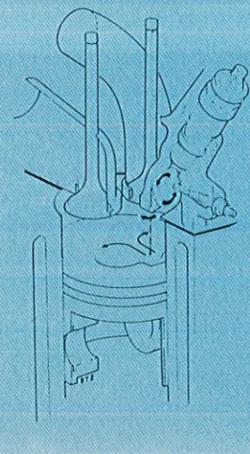


Schématisme de l'injection directe Audi liée à la création d'une turbulence de l'air d'admission. Le conduit adopte une forme de spirale et la culotte du piston prend une configuration avec une basse caractéristique au milieu de la chambre de combustion.

Système d'injection directe Audi



Système d'injection à chambre de turbulence



carburant injectée reste très faible. Cette première quantité de carburant injectée améliore les conditions d'allumage de la quantité principale de carburant et assure une combustion plus "souple" grâce à une plus faible montée de pression dans le cylindre. La quantité résiduelle de carburant est injectée au cours de la deuxième levée.

L'injection en deux phases est rendue possible grâce à deux ressorts de différence élasticités situés dans le support d'injecteur. Les ressorts sont conçus de telle manière que lors de l'injection d'une faible quantité de carburant la levée de l'aiguille d'injection ne fait jouer que la force du premier ressort. L'injecteur s'ouvre de 0,06 mm et le carburant est injecté dans la chambre de combustion par ce faible interstice et les cinq trous de l'injecteur.

A la fin de la première phase d'injection, lorsque la force du premier ressort est surmontée, une plus forte pression s'établit dans l'injecteur en raison de la plus grande quantité de carburant nécessaire. La force du deuxième ressort est alors surmontée en quelques milli-secondes pour permettre l'injection de la quantité totale de carburant nécessaire. Cette nouvelle technique d'injection en deux phases a pour conséquence d'augmenter la durée d'injection et de rendre la combustion plus souple et comparable à celle des moteurs à chambre de précombustion.

En faisant appel à la nouvelle technique d'injection en deux phases, au réglage entièrement électronique de l'injection et aux canaux d'admission "en spirale" dans la culasse, les techniciens Audi ont réussi à mettre au point un moteur à injection directe extrêmement sobre et performant, au niveau sonore réduit pour une voiture de tourisme de la classe moyenne supérieure. 4,2 litres/100 km à 90 km/h de moyenne et même un record de 4818,4 km avec un plein (801) !

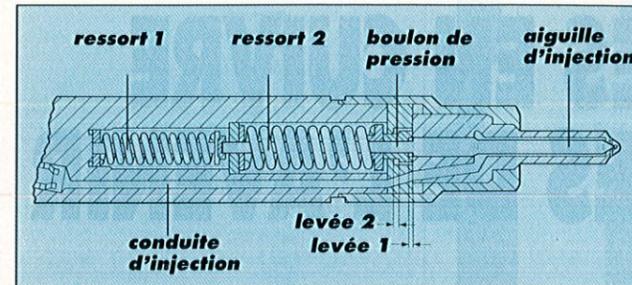
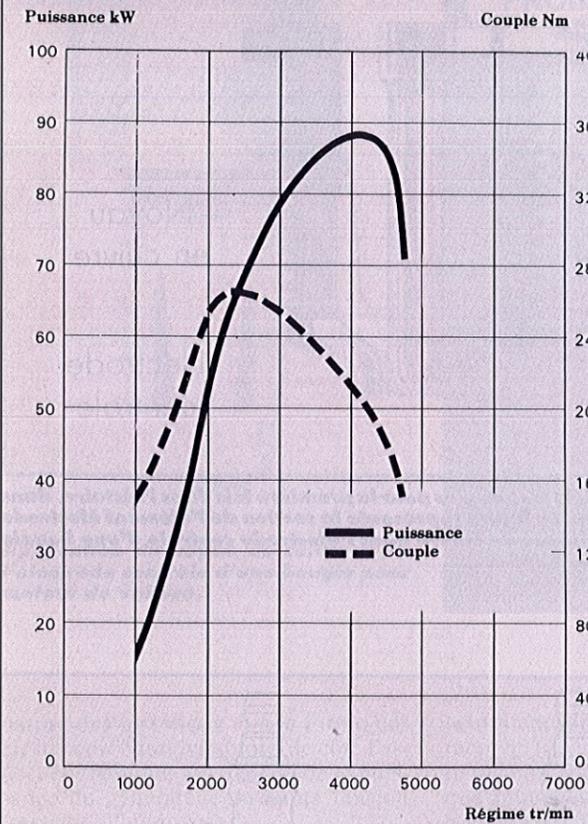


Figure : support d'injecteur à 2 ressorts.

### Moteur 5 cylindres de 2,5 l - 120 ch Turbo-diesel à injection directe



## POURQUOI 5 CYLINDRES

**A**CTUELLEMENT, seuls les 2 constructeurs allemands Audi et Mercedes proposent à leur clientèle un modèle encore équipé d'un propulseur cinq cylindres. Le moteur de la Mercedes est proposé dans sa version turbo-compressé et équipe le plus petit modèle de la gamme : la 190. La genèse de ce moteur se situe dans la volonté exprimée par la marque de rentabiliser le système

modulaire, c'est-à-dire en partant d'un quatre cylindres, développer un cinq puis un six cylindres. Lors du lancement de la 190, Mercedes disposait d'une base moteur : le 4 cylindres OM601. Afin d'obtenir une augmentation de puissance et de couple, Mercedes commença par faire évoluer la cylindrée (et donc les contraintes exercées sur le piston). Mais ce principe atteint vite ses limites pour des raisons de fiabilité. D'où

l'idée d'élaborer un cinq cylindres en conservant un maximum de pièces communes avec le quatre cylindres, on réduit ainsi les coûts de développement à un tel moteur. Les gains en puissance et en couple sont bien présents, mais ce moteur ne constitue qu'une étape car Mercedes prépare déjà le 6 cylindres mais qui obligera la marque à modifier le compartiment moteur afin de loger un tel moteur.

Audi a choisi de développer un 5 cylindres dès le départ pour un problème à encombrement. Par rapport au 6 cylindres, ce type de moteur propose une consommation moindre, un gain de place et de poids, tout en affichant des performances similaires. Profitant de cet acquit technologique entamé en 1978, Audi poursuit dans cette voie, mais certainement plus pour longtemps.

## Fiche Technique

MOTEUR		PERFORMANCES	
Moteur Turbo diesel à cinq cylindres en ligne		Vitesse maxi, km/h	198
Alésage x course, mm	81,0 x 95,5	Accélération, s	
Cylindrée, cm <sup>3</sup>	2460	de 0 à 80 km/h	6,9
Rapport volumétrique	21,0	de 0 à 100 km/h	10,1
Carburant	Système d'injection directe haute pression à commande électronique avec support d'injecteur à 2 ressorts, turbocompresseur à gaz d'échappement, radiateur d'air de suralimentation Diesel, 45 CN	de 0 à 400 m	17,3
		de 0 à 1000 m	31,7
		de 0 à 60 mph	9,5
		CONSOMMATION DE CARBURANT	
Carburant	Diesel, 45 CN	suivant DIN 70 030, litres/100 km	
Puissance maxi, kW (ch)	88 (120)	vitesse stabilisée	
au régime 1/mn	4250	90 km/h	4,5
Couple maxi, Nm	265	120 km/h	6,3
au régime 1/mn	2250	Cycle urbain	7,2

L'Audi 100 reste une belle voiture malgré plus de 8 ans de carrière, les lignes aérodynamiques passent encore bien et ce moteur dopé lui donne une nouvelle jeunesse.

