

Que signifient les initiales FSI?

Les initiales FSI correspondent à l'expression anglaise « Fuel Stratified Injection » qui, en français, signifie « Injection stratifiée de carburant ».

On l'appelle **injection stratifiée** car la concentration de carburant à l'intérieur de la chambre se divise en strates (couches ou niveaux), de sorte qu'à mesure qu'il s'éloigne de la périphérie de la bougie, la concentration de carburant diminue rapidement.

Dans la mesure où le carburant est concentré autour de la bougie, la combustion d'un **mélange plus pauvre** est possible et, par conséquent, une économie de carburant.

Actuellement, l'injection ou la charge stratifiée de carburant a été **écartée** par toutes les marques du Groupe, y compris par SEAT. Le système est donc devenu un système d'injection directe de carburant, qui travaille uniquement avec du **mélange stœchiométrique**, de sorte que le carburant ne se concentre pas seulement autour de la bougie.



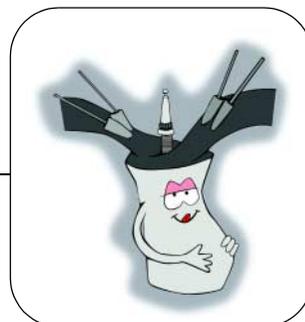
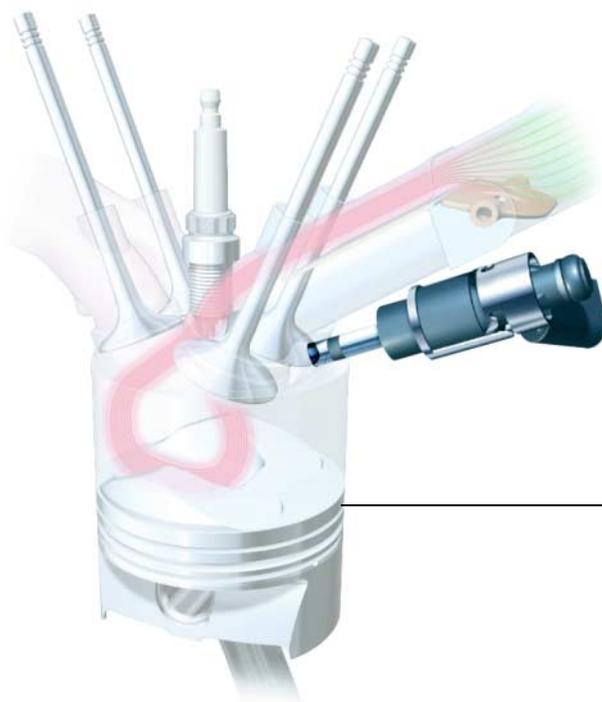
En quoi consiste la technologie FSI?

La technologie FSI consiste essentiellement en une **injection directe de carburant**, ce dernier étant pulvérisé à **haute pression** à l'intérieur de la chambre de combustion.

Pour pulvériser le carburant à haute pression, on dispose d'un **nouveau circuit d'alimentation de carburant**.

Pour tirer le plus grand profit des avantages que présente l'injection directe, des modifications ont été apportées quant à la formation du mélange, aux phases et aux temps d'injection et de nouveaux éléments ont été incorporés aux conduits d'admission.

Une gestion électronique spécifique, répondant aux exigences de l'injection directe d'essence, a logiquement été conçue.



Quels sont les avantages de la technologie FSI?

L'injection de carburant à l'intérieur de la chambre de combustion permet d'augmenter le rendement du moteur et, par conséquent, de réduire la consommation de carburant et l'émission de gaz polluants.

Cela est possible grâce à la **baisse de la température de l'air à l'intérieur du cylindre** lors de la pulvérisation du carburant et de l'évaporation de ce dernier.

Une température plus basse permet une **augmentation du rapport de compression** qui, pour certains moteurs FSI, dépasse 11:1, donnant ainsi lieu à un meilleur rendement.

D'autre part, l'injection directe dans la chambre permet que l'injection se fasse en plusieurs phases : normalement, elle a lieu au **moment de l'admission**, mais elle peut aussi se faire au **moment de la compression**, ce qui favorise la formation d'un mélange plus riche près de la bougie et, par conséquent, permet une propagation rapide de la flamme et une moins grande tendance au cliquetis.



Les moteurs FSI consomment-ils moins?

Oui. Les moteurs dotés de cette technologie consomment nettement moins, en particulier, dans des conduites à **faibles et moyennes charges**.

La baisse de la consommation est directement lié à une meilleure utilisation de l'essence injectée et à **combustion plus efficace**. Autrement dit, on tire **meilleur profit** du carburant à égales performances. Ainsi, le meilleur rendement est possible grâce à l'augmentation du rapport de compression.

L'efficacité de la combustion est possible grâce à la bonne **homogénéisation du carburant avec l'air**, au mélange de carburant et de l'air dans certaines zones de la chambre de combustion et aux **grandes turbulences** qui se créent dans l'air d'admission grâce à l'admission guidée de l'air.



Les moteurs FSI polluent-ils moins?

Oui. La technologie FSI permet une combustion plus efficace, de sorte que **l'essence est brûlée dans sa totalité**, ce qui réduit les émissions de gaz polluants.

Au cours du fonctionnement du moteur, plusieurs gaz se forment. Dans le cas des moteurs à essence, ces gaz sont les suivants : hydrocarbures (HC), oxydes nitriques (NOx), monoxyde de carbone (CO), dioxyde de carbone (CO₂), nitrogène, oxygène et vapeur d'eau.

Les **hydrocarbures, les oxydes nitriques et le monoxyde de carbone** sont nocifs pour la santé et pour l'environnement. SEAT **neutralise l'émission de ces gaz** sur tous ses véhicules par **l'emploi du catalyseur**.

Le **dioxyde de carbone**, responsable de l'effet de serre, est le fruit de la combustion des hydrocarbures ; la seule façon d'en **réduire l'émission est de réduire la consommation de carburant**. D'où le développement de la technologie FSI.

Certains moteurs FSI sont non seulement dotés d'un catalyseur principal, mais aussi de deux pré-catalyseurs, de cinq sondes lambda et d'un système de recirculation des gaz d'échappement, ce qui contribue à une meilleure épuration des émissions.



Les moteurs FSI sont-ils dotés d'un système de recirculation des gaz d'échappement?

L'incorporation du système de recirculation des gaz d'échappement dépend de la **réglementation antipollution** applicable dans le pays auquel le véhicule est destiné. Par exemple, le moteur BLR, conçu pour répondre à la réglementation Euro IV, incorpore un système de recirculation des gaz d'échappement, alors que le moteur BLY, conforme à la norme Euro II, n'en est pas doté.

La recirculation des gaz d'échappement vise à réduire la quantité de NOx qui se produit au cours de la combustion. La recirculation consiste à **introduire une partie des gaz d'échappement émis par le moteur dans l'admission**. Ainsi, le

mélange d'air frais et de gaz brûlés réduit la température des nouvelles combustions, ce qui permet de réduire la quantité d'oxydes nitriques contenue dans l'échappement. Cette opération ne se fait que dans certaines circonstances, presque toujours à de faibles charges, c'est-à-dire, dans des conditions optimales.

Dans les moteurs FSI dotés de ce système, on profite de ces améliorations apportées à l'admission pour augmenter la quantité des gaz d'échappement recirculés, dans une proportion de jusqu'à 25 %.



Les moteurs FSI sont-ils plus puissants?

Les moteurs FSI se détachent de par leurs valeurs de puissance et de couple élevé à de très faibles régimes déjà. Cela est possible pour deux raisons essentielles :

- Le **plus grand rendement** que l'on obtient grâce à l'injection directe d'essence et, par conséquent, à la meilleure utilisation du carburant injecté.
- L'incorporation de systèmes tels que la **distribution variable** et le **collecteur d'admission variable**, qui améliorent le remplissage des cylindres quel que soit le régime.

Cela permet d'obtenir du couple et de la puissance à de très faibles régimes et de maintenir les valeurs atteintes presque jusqu'au régime maximum de rotation du moteur. Le fait de disposer de couple à faible régime apporte une plus grande **élasticité** au moteur et se traduit aussi par un plus grand **confort dans la conduite**.

Finalement, on dispose de moteurs dont la marge d'utilisation est élargie puisqu'ils permettent aussi bien une **conduite confortable et économique** qu'une **conduite sportive**.



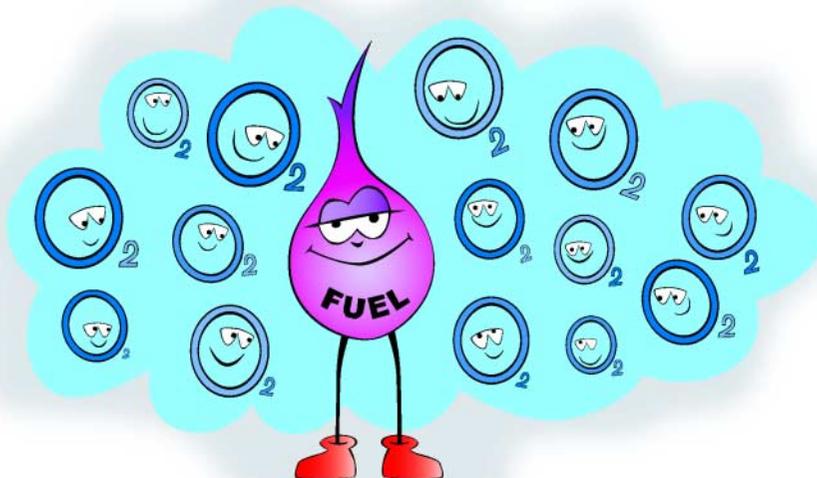
Les moteurs FSI travaillent-ils avec du mélange stœchiométrique?

Oui. Les moteurs FSI travaillent sous un rapport de mélange stœchiométrique égal à celui de moteurs à injection directe antérieurs.

Le mélange stœchiométrique est la proportion idéale d'air et d'essence pour que **la combustion de l'essence se fasse entièrement**, ainsi que pour que le catalyseur fonctionne correctement. Le résultat d'une combustion complète et idéale de l'essence est le dioxyde de carbone (CO_2) et la vapeur d'eau. Cette proportion de mélange est d'environ 1 kg de carburant pour 14,7 kg d'air.

Quoi qu'il en soit, la distribution du carburant dans la chambre de combustion ne se fait pas toujours de façon homogène. Ainsi, à certains modes de charge, le mélange est enrichi autour de la bougie afin d'améliorer le processus de combustion.

En résumé, les moteurs FSI travaillent avec du mélange stœchiométrique, mais **pas toujours homogène**.



Quel est l'avantage d'une injection directe dans le cylindre?

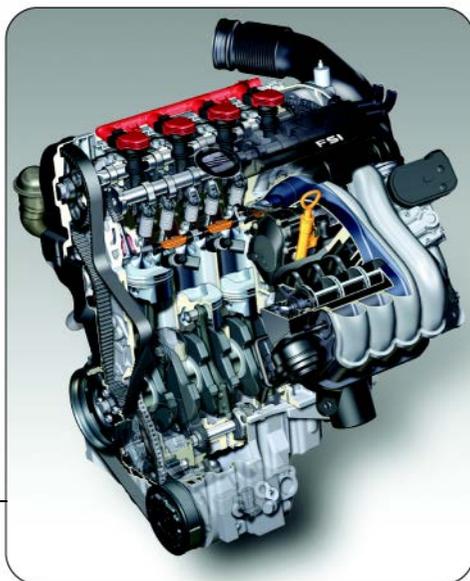
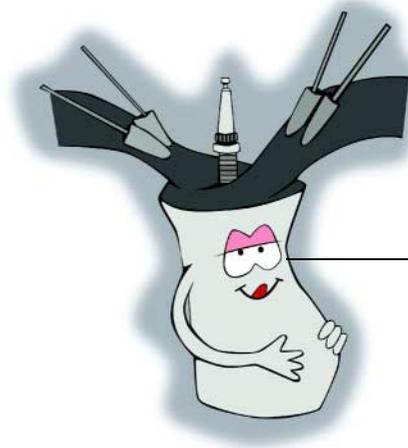
Le fait d'injecter le carburant directement dans la chambre de combustion présente trois avantages :

Tout d'abord, dans la mesure où **seul de l'air circule à travers le conduit d'admission**, le remplissage du cylindre est favorisé puisque l'air présente moins d'inertie que le mélange (air-essence), le temps s'écoulant entre le moment où le piston commence à aspirer et celui où l'air entre étant ainsi réduit.

Le deuxième de ces avantages est que le meilleur comportement du moteur à froid. Cela est dû au fait que la condensation du carburant est évitée grâce à l'injection de ce dernier dans la collection d'admission

et que la combustion est améliorée grâce à l'injection du carburant en deux phases : une quantité principale au cours du cycle d'admission et une seconde injection au cours de la compression près de la bougie.

Le moteur présente aussi des améliorations à **température de service** telles que la réduction de la température de l'air à la pulvérisation du carburant dans la chambre de combustion.



Le carburant est-il toujours injecté de la même façon?

Non. Il existe trois modes d'injection en fonction des conditions de fonctionnement du moteur :

Le **mode de base** est celui dans lequel l'injection travaille normalement. La carburant n'est injecté que durant le cycle d'admission.

Le **mode de préchauffage du catalyseur**, qui vise à ce que le catalyseur chauffe rapidement pour atteindre rapidement la température de service. Pour ce faire, l'injection a lieu en deux phases : une première phase au cours de l'injection et une deuxième phase à la fin du temps de compression de laquelle une petite quantité de carburant est injectée. Ce mélange est brûlé très tardivement et entraîne un plus grand chauffage dans les gaz d'échappement, ce qui permet d'obtenir un chauffage du catalyseur rapide.

Le **mode pour pleine charge**, dans lequel l'injection se fait aussi en deux phases : une phase principale au cours de l'admission et une phase secondaire au début du temps de compression. Au cours de cette seconde phase, une plus grande concentration de carburant a lieu autour de la bougie, ce qui améliore le processus de combustion et réduit la tendance au cliquetis.

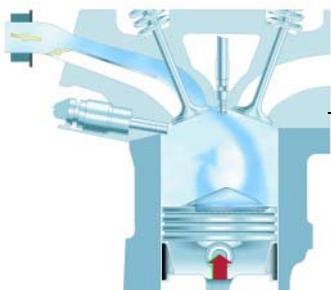


Comment le mélange se fait-il dans le cylindre?

Dans un moteur FSI, on dispose de moins de temps pour obtenir l'homogénéisation du mélange car le parcours pendant lequel le carburant est en contact avec l'air est moins grand. Pour parvenir à une parfaite homogénéisation du carburant avec l'air dans les cylindres, SEAT emploie deux techniques :

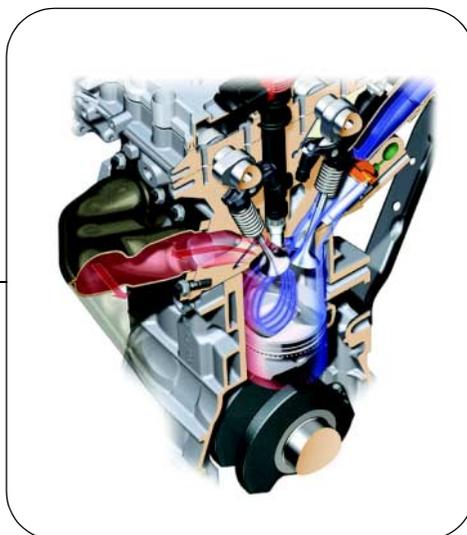
- L'**admission guidée de l'air**.
- La **rainure de turbulence**.

Le système de **l'admission guidée de l'air** divise le conduit d'admission en deux moitiés. En ne circulant qu'à travers le conduit supérieur, la vitesse d'entrée de l'air vers le cylindre augmente, ce qui provoque un grand **tourbillon**.



De même, les pistons sont dotés d'une **rainure de turbulence** qui favorise le mouvement de l'air dans le cylindre au cours de la phase de compression.

Ces grandes turbulences et la parfaite pulvérisation du carburant obtenue grâce aux électrovannes d'injection permettent d'homogénéiser le carburant avec l'air de façon optimale.



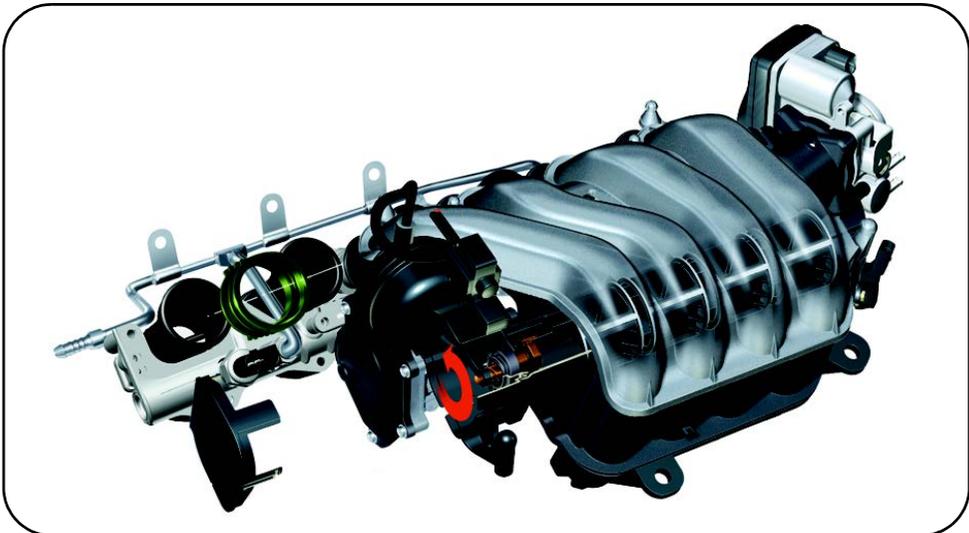
Quelles sont les particularités du système d'admission?

Dans les moteurs FSI, le système d'admission diffère de celui des moteurs à injection indirecte d'essence. Le besoin de créer un **tourbillon d'air** permettant une parfaite homogénéisation du mélange air-carburant a imposé l'apport de deux modifications principales au système d'admission du moteur :

Le **plat « tumble »**, qui divise le conduit d'admission en deux moitiés, supérieure et inférieure.

Un **servomoteur qui actionne les clapets** dont le rôle est de réguler le courant d'air qui passe à travers les conduits supérieur et inférieur.

Le servomoteur commande en permanence la position des clapets à travers l'unité de commande du moteur, de façon à créer la turbulence d'air appropriée aux conditions de fonctionnement du moteur.

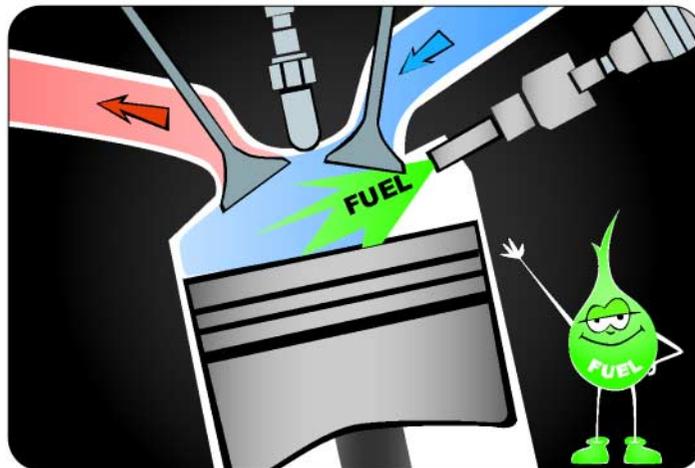


Le carburant travaille-t-il à haute pression?

Oui. Dans la technologie FSI, on a besoin de disposer d'un système de haute pression de carburant car des injections de carburant se font à l'intérieur de la chambre de combustion au cours des phases d'**admission** et de **compression**.

Si, comme dans les moteurs à injection indirecte, le carburant n'était injecté qu'au cours du cycle d'admission, il ne serait pas nécessaire de disposer d'un système de haute pression puisqu'à cet instant, il y a dépression dans le cylindre et carburant est aspiré.

Néanmoins, dans la mesure où dans les moteurs FSI, de l'essence est aussi injectée au cours de la compression, celle-ci doit être comprimée pour qu'elle se mélange à l'air. Telles sont les deux raisons pour lesquelles il est indispensable de disposer d'un système capable de créer de la haute pression de carburant.



Comment la haute pression du carburant est-elle créée?

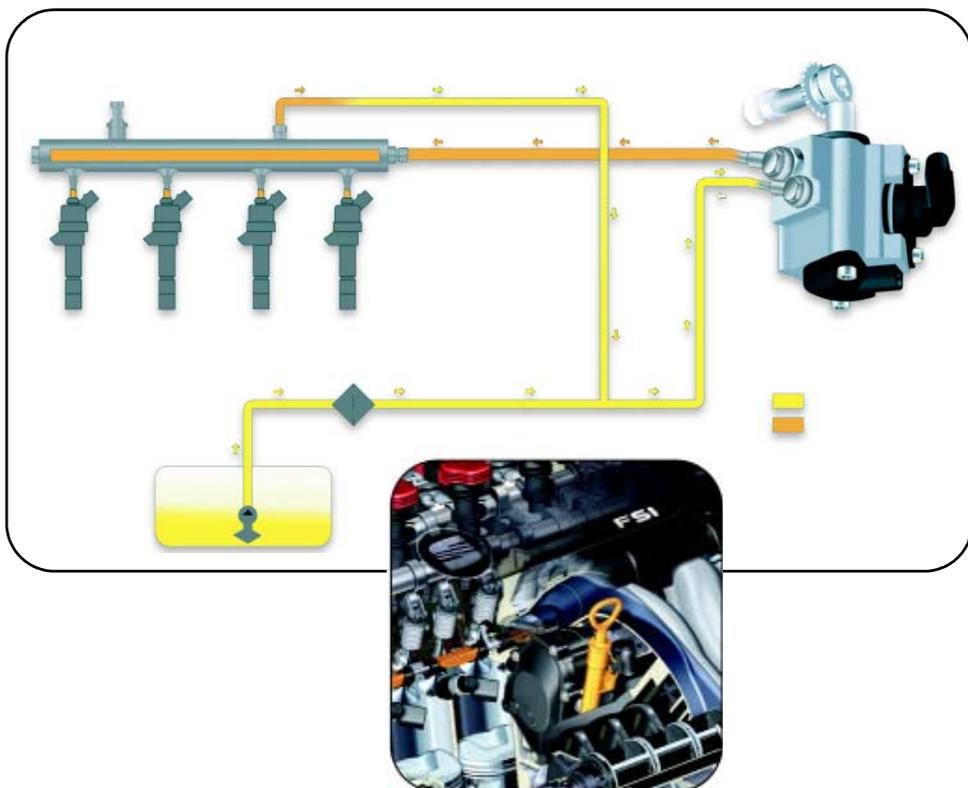
Pour approvisionner les électrovannes d'injection en carburant, on dispose d'un circuit d'alimentation qui se divise en un **circuit de basse pression** et en un autre circuit de **haute pression**.

Le circuit de basse pression se compose d'une pompe électrique et d'un filtre à carburant. La pompe électrique pousse le carburant depuis le réservoir, le fait passer à travers le filtre et le conduit jusqu'au circuit de haute pression.

Le circuit de haute pression se compose d'une **pompe de haute pression**, d'un **tuyau de distribution** et de quatre **électrovannes d'injection**.

La pompe de haute pression est actionnée de façon mécanique par l'arbre à cames d'admission et son rôle est de **compresser le carburant** à une pression d'entre 40 et 110 bar. De là, le carburant est poussé vers le tuyau de distribution qui alimente les électrovannes d'injection de chaque cylindre.

L'unité de commande du moteur régule la pression en fonction des conditions instantanées de fonctionnement du moteur, de sorte que celle-ci soit appropriée pour une bonne pulvérisation du carburant dans la chambre de combustion.



Est-il dangereux de travailler à une si haute pression de carburant?

Non. Le carburant à haute pression ne présente aucun danger. La haute pression n'existe que dans la dernière tranche du circuit d'alimentation (circuit de haute pression), formé par la pompe de haute pression, le tuyau de distribution et les électrovannes d'injection, tous ces éléments étant visées à la culasse.

Le circuit de carburant est entièrement **étanche**, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'air. Il faut savoir que pour qu'une explosion se produise, il faut qu'il y ait de l'oxygène. Par conséquent, s'agissant d'un circuit étanche, l'absence d'oxygène est garantie.

Par mesure de sécurité, la pression maximum du circuit est limitée à 120 bar grâce à une soupape de décharge.

Quoi qu'il en soit, il ne doit **jamais être manipulé ou réparé par l'utilisateur.**



Les moteurs FSI demandent-ils un entretien spécial?

Les moteurs FSI ne requièrent aucune opération supplémentaire dans l'entretien du véhicule. Les services de changement d'huile et d'inspection sont les mêmes que ceux à réaliser sur les véhicules dotés de moteurs ne répondant pas à cette technologie. Autrement dit :

Le service de changement d'huile, tous les 15 000 km ou tous les 12 mois, le changement du filtre à huile devant aussi être exécuté ; et **le service d'inspection, tous les 30 000 km ou tous les 2 ans**.

Les opérations à réaliser dans le cadre des différents services techniques et les composants à entretenir sont les **mêmes que ceux des autres véhicules dotés de moteurs à essence**. Ainsi, le filtre à carburant ne demande pas d'entretien, les **bougies** et le **filtre à air** doivent être changés **tous les 60 000 et 90 000 km** respectivement, et la **courroie dentée de la distribution, tous les 180 000 km**.

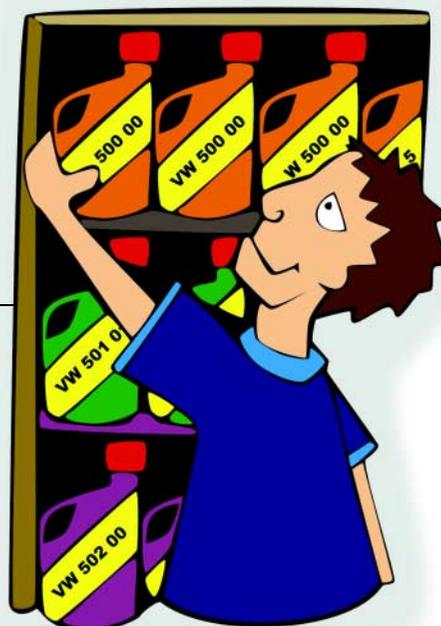


Utilisent-ils une huile de moteur spécifique?

Non. Les moteurs FSI n'utilisent aucune huile distincte de celle des moteurs à injection indirecte d'essence. Autrement dit, ils utilisent des huiles conformes aux **spécifications techniques des normes VW500 00, VW501 01 ou VW502 00**, avec le degré de viscosité requis, échelle SAE, en fonction de la température ambiante. Les huiles ne peuvent être mélangées entre elles qu'en cas de remplissage et à condition qu'elles répondent toutes aux normes VW.

Par conséquent, dans la mesure où l'huile utilisée par les moteurs FSI répond aux mêmes spécifications que l'huile des autres moteurs à essence, cet élément ne **suppose pas de dépense supplémentaire** à charge du client.

Il est important de savoir qu'**aucune sorte d'additif** ne doit jamais être ajouté à l'huile du moteur car les additifs peuvent causer des dommages non couverts par la garantie du véhicule.



Peuvent-ils être réparés dans n'importe quel atelier de garage?

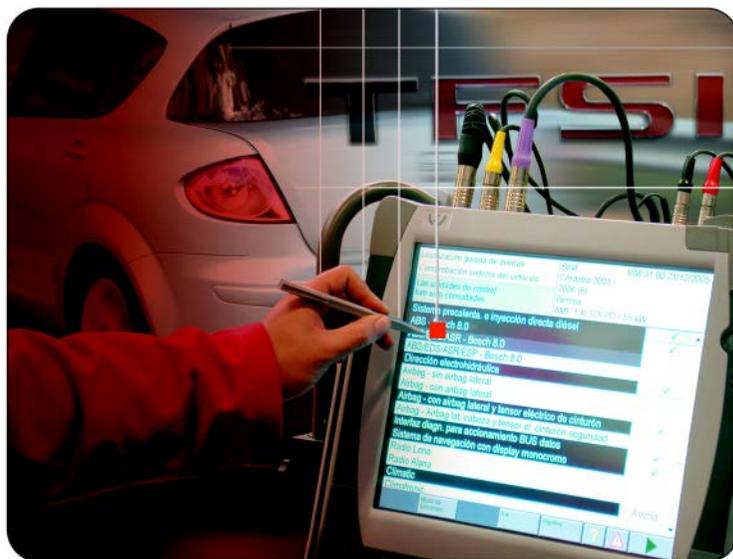
Non. Les véhicules dotés de moteurs FSI ne peuvent être réparés que dans un **Service Agréé** qu'il s'agisse de la mécanique ou de la gestion électronique de ces véhicules.

La technologie de dernière génération dont ces moteurs sont dotés requiert l'intervention d'un **personnel spécialisé**



Seul un Service Agréé peut offrir une réparation fiable et des garanties, dans la mesure où celui-ci dispose :

- Des professionnels ayant les connaissances et la formation requises.
- De la **documentation**, des **manuels de réparation** et des **données** nécessaires aux fins d'obtenir une réparation plus rapide et efficace.
- Des **appareils de diagnostic** et de l'**outillage** indispensables à une bonne détection puis réparation du défaut.



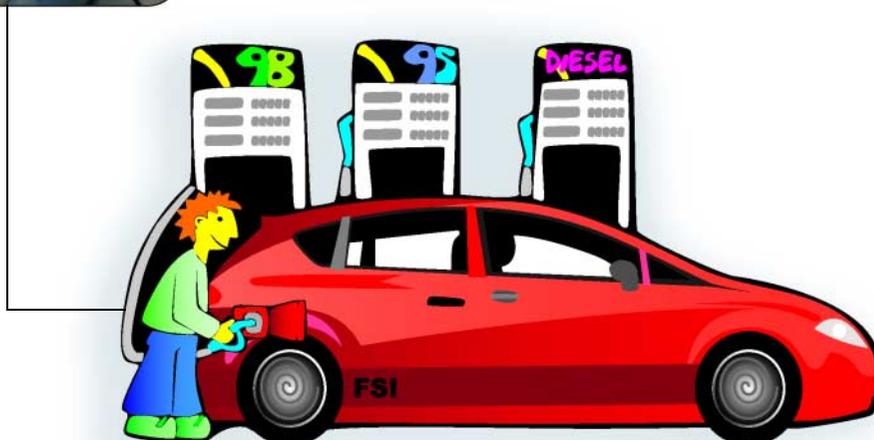
Doit-on utiliser un carburant différent?

Non. Les moteurs FSI utilisent la même essence que les moteurs à injection indirecte, c'est-à-dire **de l'essence sans plomb de 95 ou 98 octanes**.

Pour certains moteurs actuellement montés sur des véhicules que SEAT commercialise dans des pays où les normes antipollution sont moins exigeantes que les normes européennes, on peut utiliser de l'essence sans plomb de 91 **octanes**. Pour compenser la perte de qualité de cette essence et éviter la détonation, **le rapport de compression de ces moteurs a été abaissé** à 10,5:1.

Plus l'indice d'octane d'une essence est élevé, plus la compression est grande, ce qui donne donc lieu à une explosion plus énergétique. Par conséquent, pour la même cylindrée de moteur et la même quantité de carburant, on obtient plus de puissance. Autrement dit, plus l'indice d'octane de l'essence est élevé, plus son pouvoir antidétonant est grand.

La **détonation** est l'explosion spontanée et incontrôlée du mélange avant d'être atteint par le front de la flamme créée par la bougie. Ce phénomène donne lieu à de fortes vibrations nuisibles au moteur. C'est ce que l'on appelle le **cliquetis des bielles**.



En quoi sont-ils différents d'autres moteurs ne disposant pas de cette technologie?

Les moteurs FSI peuvent être distingués d'autres moteurs non dotés de cette technologie grâce à certains composants du système d'injection. L'un de ces éléments distinctifs est la **pompe de haute pression** du carburant qui permet de créer la pression de carburant nécessaire à l'injection, que ce soit au cours de l'admission ou au cours de la compression.

D'autres nouveaux composants tels que le **distributeur de carburant** ou les **capteurs de pression de carburant** sont aussi visibles sans avoir démonté une quelconque pièce.

Par contre, les **électrovannes d'injection**, elles aussi nouvelles, ne sont pas visibles de l'extérieur puisqu'elles sont situées dans la culasse en raison du besoin d'injecter à l'intérieur de la chambre de combustion. Jusqu'à présent, dans les moteurs à injection indirecte d'essence, les électrovannes d'injection étaient normalement visibles et situées dans le collecteur d'admission.



Quels sont les modèles de la gamme Seat qui sont dotés de la technologie FSI?

Actuellement, les moteurs de technologie FSI sont montés sur trois modèles de la gamme SEAT :

l'Altea, la Toledo'05 et la León'06. Le modèle Altea a été le premier à monter ce genre de moteurs, suivi de la Toledo'05, puis de la León'06.

À ce jour, deux moteurs dotés de cette technologie sont disponibles chez SEAT : le **moteur 2,0 l FSI de 150 CV** pour l'Altea, la Toledo'05 et la León'06, et le moteur **2,0 l Turbo FSI de 185 CV**, à deux niveaux de puissance : **185 CV**, uniquement pour la León'06, et **200 CV** pour les versions FR de l'Altea et la León'06.

L'incorporation de moteurs FSI de plus faible cylindrée est aussi prévue prochainement pour différents modèles. Le concept et la technologie appliquée sont les mêmes dans tous les cas, avec, bien sûr, l'appréciation de changements dans la gestion électronique et dans certains éléments périphériques du moteur.



Remarque-t-on à sa conduite que le véhicule est doté d'un moteur FSI?

Les moteurs dotés de la technologie FSI ne présentent aucune caractéristique qui les distingue des autres dans leur conduite. Quoiqu'il en soit, il est vrai que l'on perçoit une **augmentation des performances** et une **réduction de la consommation**, surtout lorsque l'on circule à de faibles et à de moyennes charges.

Les moteurs FSI se distinguent par le fait d'être des moteurs très **silencieux** et par celui de permettre une grande **souplesse de manipulation**. Dans certains cas, tel que celui du moteur 2,0 L FSI, on a opté pour l'incorporation d'arbres équilibreur pour améliorer encore plus la souplesse du moteur et éliminer tous bruits et vibrations.

Il faut aussi noter l'**amélioration du comportement du moteur à froid**. Grâce à un mode d'injection en deux phases, on peut aussi augmenter le couple et la puissance à bas régime.



Est-il possible d'adapter cette technologie à un moteur à posteriori?

Non. L'injection directe d'essence comporte la modification de certains **composants structurels** du moteur tels que les pistons ou la culasse.

Par ailleurs, d'autres composants tels que la **pompe de haute pression, le tuyau de distribution** ou les **électrovannes d'injection** ne peuvent pas être adaptés à une autre mécanique.

Logiquement, la **gestion électronique** du moteur possède des programmes de fonctionnement spécifiques adaptés à l'injection directe.

Tous ces facteurs rendent impossible l'adaptation de cette technologie à un moteur à injection indirecte.

