

## Media Information

**Les moteurs à essence de la coopération entre BMW Group et PSA Peugeot Citroën.**

# Les moteurs à essence de la coopération entre BMW Group et PSA Peugeot Citroën.

## Table des matières.

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Une coopération réussie.</b>   |    |
| <b>(Résumé)</b> .....  | 3  |
| <b>2. Une coopération réussie.</b>   |    |
| <b>(Version longue)</b> .....  | 6  |
| 2.1 Le rideau se lève sur une nouvelle famille de moteurs. ....  | 7  |
| 2.2 Une nouvelle référence grâce à la mise en œuvre<br>de solutions innovantes. ....                               | 9  |
| 2.3 La base moteur :<br>le fondement de deux variantes technologiques très différentes. ....                       | 11 |
| 2.4 Moteur atmosphérique à distribution à levée variable :<br>premier de sa catégorie dans tous les domaines. .... | 16 |
| 2.5 Le groupe motopropulseur à hautes performances :<br>Un moteur turbocompressé à injection directe. ....         | 19 |
| <b>3. Caractéristiques techniques.</b> .....   | 21 |
| <b>4. Diagramme de couple et de puissance.</b> .....   | 23 |

# 1. Une coopération réussie. (Résumé)

Dans le cadre d'une coopération, BMW Group et PSA Peugeot Citroën ont développé conjointement une nouvelle famille de moteurs à essence. Ces groupes moto-propulseurs bénéficiant des technologies les plus modernes sont destinés à équiper des automobiles Peugeot, Citroën et des variantes futures des MINI.

La nouvelle famille de moteurs représente pour les deux partenaires un pas important vers la réalisation de l'engagement volontaire pris par les constructeurs automobiles européens (ACEA), qui se sont engagés à réduire la consommation de flotte d'ici à 2008 et ainsi à abaisser les émissions de CO<sub>2</sub> à 140 g/km. De plus, ce projet apporte pour la première fois une solution élégante à l'antagonisme opposant les technologies moteur ambitieuses et la pression des coûts dans le segment des petits véhicules et des voitures compactes.

Le projet a démontré qu'il était économique d'équiper des véhicules des segment compactes et sub-compactes de groupes moto-propulseurs dotés d'une technologie innovante et affichant une faible consommation.

## **Première mondiale pour le premier de sa catégorie.**

Lors de la conception de la nouvelle famille de moteurs, l'équipe de projet a opté pour deux variantes technologiques. Sans renoncer en rien à la puissance et à la souplesse, le moteur atmosphérique à distribution variable ainsi que le moteur turbocompressé suralimenté à injection directe définissent de nouvelles références dans leur catégorie de cylindrée tant sur le plan technologique qu'en ce qui concerne les performances, la sobriété et l'intégration des composants.

Les moteurs issus de la coopération recèlent de nombreux raffinements repris et adaptés des groupes moto-propulseurs BMW, empruntés par exemple à la nouvelle génération des six cylindres en ligne à essence. Citons entre autres la distribution à levée variable, la pompe à huile à débit piloté, l'entraînement mono-courroie des auxiliaires, une bobine individuelle par cylindre et les arbres à cames usinés.

De plus, cette catégorie de moteurs bénéficie pour la première fois de solutions innovantes comme l'injection directe pour augmenter la puissance, le turbocompresseur Twin-Scroll, la pompe à eau mécanique débrayable et le tendeur de la courroie poly-V.

### **Une base solide pour les deux variantes technologiques.**

La conception de la base moteur est telle qu'elle répond aux exigences des deux variantes technologiques. Le carter-moteur en aluminium de type bed-plate occupe une place unique de par sa rigidité et son acoustique.

Grâce à un agencement optimal des paliers dans l'embellage et à l'adoption du frottement par roulement pour tous les éléments assurant la transmission mécanique dans la distribution, il a été possible de réaliser les pertes par frottement les plus faibles de cette catégorie.

L'intégration de nombreuses fonctions et composants dans la culasse et le carter-moteur permet de supprimer des pièces, améliore l'acoustique, réduit le poids et l'encombrement. L'entraînement des auxiliaires par un seul train de courroie contribue aussi fortement à l'architecture très compacte.

### **Consommation en baisse grâce aux débits d'eau et d'huile pilotés.**

L'alimentation en huile à la demande ne refoule que le volume d'huile requis. C'est pourquoi la pompe à huile à débit piloté abaisse la consommation de carburant jusqu'à un pour cent.

Outre l'échangeur huile/eau, la pompe à eau débrayable réduit encore la consommation et les émissions. Elle économise de l'énergie et accélère la montée en température, car elle ne commence à refouler le liquide de refroidissement que lorsque le moteur a atteint sa température de fonctionnement.

### **Moteur atmosphérique à distribution à levée variable : une référence en matière de consommation et de conception harmonieuse.**

Le moteur atmosphérique à la distribution innovante affiche une cylindrée de 1,6 litre et développe une puissance de 85 kW/115 ch à 5 700 tr/min.

Le moteur fournit un couple de 140 Nm dès 2 000 tr/min et atteint son couple maximal de 160 Nm à 4 250 tr/min.

La distribution à levée variable, qui se dispense d'un boîtier papillon, régule la puissance du moteur au moyen du réglage continu de la levée de soupape et des temps d'ouverture des soupapes d'admission. Cette distribution exempte de pertes par pompage abaisse la consommation, réduit les émissions et assure une réponse spontanée du moteur ainsi qu'une grande souplesse.

Outre la distribution, tout un train d'innovations allant de la pompe à huile pilotée à la pompe à eau débrayable en passant par la réduction des pertes par frottement fait de ce moteur atmosphérique le plus efficace qui soit face à ses concurrents.

### **Moteur turbocompressé à injection directe hautes performances.**

Le moteur à essence hautes performances à injection direct, équipé d'un turbocompresseur et d'un refroidissement de l'air de suralimentation, développe une puissance de 105 kW/143 ch à 5 500 tr/min à partir d'une cylindrée de 1,6 litre. Il atteint son couple maximum de 240 Nm à 1400 tr/min qui reste pratiquement constant jusqu'à 4 000 tr/min.

La culasse est dotée d'une distribution conventionnelle avec deux arbres à cames en tête, des linguets à rouleau et un rattrapage hydraulique du jeu des soupapes. Le calage variable de l'arbre à cames d'admission optimise la puissance et le couple tout en permettant des valeurs de consommation et d'émissions faibles.

C'est la première fois qu'un turbocompresseur Twin-Scroll est utilisé dans cette catégorie. Dans le collecteur et le turbocompresseur, les conduits sont regroupés par paire de cylindres. Cet agencement a pour effet que la mise en pression du turbo s'installe dès 1400 tr/min et que la disponibilité du couple est obtenue aussi rapidement qu'avec un compresseur.

Avec le turbocompresseur, l'injection directe à rampe commune est responsable de la puissance spécifique élevée, la consommation réduite, l'onctuosité et le comportement exemplaire au niveau de la dépollution. Les injecteurs latéraux à haute pression pulvérisent le carburant à une pression maximale de 120 bars directement dans la paroi latérale de la chambre de combustion. Ce qui garantit une bonne homogénéité du mélange ( $\lambda = 1,0$ ).

## 2. Une coopération réussie. (Version longue)

Joignant leurs forces au sein de la coopération, BMW Group et PSA Peugeot Citroën ont développé conjointement une nouvelle famille de petits moteurs à essence. Ces groupes moto-propulseurs bénéficiant des technologies les plus modernes sont destinés à équiper des automobiles Peugeot, Citroën et des variantes futures des MINI.

La nouvelle famille de moteurs représente pour les deux partenaires un pas important vers la réalisation de l'engagement volontaire pris par les constructeurs automobiles européens (ACEA), qui se sont engagés à réduire la consommation de flotte d'ici à 2008 et ainsi à abaisser les émissions de CO<sub>2</sub> – à 140 g/km. De plus, il a été possible, pour la première fois, de trouver une solution élégante au conflit opposant les technologies moteur ambitieuses et la pression des coûts dans le segment des petits véhicules et des voitures compactes.

### **Pour le bénéfice des deux partenaires.**

Chaque constructeur a apporté dans la coopération son savoir-faire technologique et l'expérience qu'il a acquise dans la production en grande série et en fait profiter son partenaire. Il s'agit donc d'une coopération où chacun des partenaires a amené le meilleur de son savoir-faire. Le projet a démontré qu'il était tout à fait économique d'équiper les segments sub-compactes et compacts des véhicules automobiles de groupes moto-propulseurs dotés d'une technologie très innovante et se distinguant par une faible consommation.

Chacun des groupes a amené le meilleur de sa compétence, que ce soit dans le domaine de la conception des moteurs ou de la mise en œuvre de procédés de production au meilleur niveau mondial.

PSA Peugeot Citroën produira les nouveaux moteurs dans son usine de Douvrin en France. Les installations de fabrication sont prévues pour une capacité allant jusqu'à 2 500 unités par jour.

## 2.1 Le rideau se lève sur une nouvelle famille de moteurs.

Lors de la conception de la nouvelle famille de moteurs, l'équipe projet a opté pour deux variantes technologiques. Les déclinaisons de ces deux variantes fondamentalement différentes définiront une nouvelle référence dans leur catégorie tant sur le plan technologique que dans le domaine des performances, de la sobriété et de la durabilité.

Les moteurs sont le fruit des échanges du savoir-faire des motoristes des deux groupes, parce que tant la conception que la réalisation ont été placées sous le signe du principe de la dynamique efficace de BMW et de l'économie d'usage de PSA Peugeot Citroën. Ces nouveaux moteurs offriront en effet une puissance inhabituelle pour ce niveau de cylindrée associée à un couple généreux disponible sur une très large plage de régimes, tout ceci étant assorti d'une consommation de carburant très faible et d'un poids réduit.

Les moteurs issus de la coopération recèlent de nombreux raffinements repris et adaptés des groupes moto-propulseurs BMW, par exemple de la nouvelle génération des six cylindres en ligne à essence.

Exemple :

- distribution à levée variable
- pompe à huile à débit piloté
- entraînement mono-courroie des organes auxiliaires
- une bobine d'allumage par cylindre
- arbres à cames usinés
- linguets à rouleau allégés
- culasse fabriquée selon la méthode de fonderie «modèle perdu».

En outre, de nouveaux concepts et nouvelles solutions ont été mis en œuvre :

- injection directe pour optimiser la puissance
- turbocompresseur suralimenté Twin-Scroll
- pompe à eau débrayable
- tendeur de courroie poly-V
- construction allégée (carter-moteur en aluminium, admission et couvre-culasse en composite).

### **Consommation optimale pour une puissance remarquable.**

Le premier produit de cette coopération sera un moteur essence 1,6 litre à distribution à levée variable développant une puissance de 85 kW/115 ch et un couple maximal de 160 Nm. Parmi les objectifs prioritaires qui ont prévalu à la conception de ce moteur atmosphérique, il y avait la réalisation d'un couple généreux à un niveau élevé associé aux meilleures valeurs de consommation et d'émissions existantes dans cette catégorie ainsi qu'une masse très maîtrisée.

### **Un moteur turbocompressé de hautes performances et à injection directe.**

Le deuxième représentant de cette famille est un moteur à essence de hautes performances à injection directe avec turbocompresseur suralimenté de 1,6 litre de cylindrée, développant une puissance de 105 kW/143 ch et un couple maximal généreux de 240 Nm. Sur ce moteur, l'injection directe permet d'associer une puissance spécifique élevée avec de basses consommations. En outre, elle autorise une grande souplesse et un comportement exemplaire au niveau des émissions. Le quatre cylindres compact animera tant des véhicules à vocation sportive que des véhicules de la gamme compacte et sub-compacte de PSA Peugeot Citroën et y remplacera les gros moteurs atmosphériques. La raison de cette stratégie est que, les petits moteurs turbocompressés dotés d'une puissance spécifique élevée, offrent un avantage significatif en terme de consommation, par rapport à des moteurs atmosphériques conventionnels de plus forte cylindrée.

Ces deux premiers moteurs constituent les deux premières briques d'une famille qui sera composée à terme de moteurs dont les puissances s'échelonneront de 55 kW/75 ch, jusqu'à 125 kW/170 ch.

## 2.2 Une nouvelle référence grâce à la mise en œuvre de solutions innovantes.

Le cahier des charges défini pour le projet fixait clairement les exigences se rapportant à la nouvelle famille de moteurs. Sans renoncer en rien à la performance, au déploiement de la puissance et à la souplesse, ces moteurs définissent une nouvelle référence, entre autres, dans les domaines de la consommation spécifique, de la disponibilité du couple, de la réduction des pertes par frottement et au niveau de l'intégration.

L'entière réussite de cette entreprise est due entre autres à la somme des nombreuses innovations et raffinements qui fait de la nouvelle famille de moteurs une nouvelle référence dans sa catégorie.

- **Distribution à levée variable.**

Renonçant à un boîtier papillon, elle régule la puissance grâce à un réglage continu de la levée des soupapes et des temps d'ouverture des soupapes d'admission. Cette distribution, exempte de pertes par pompage abaisse la consommation, réduit les émissions et assure une meilleure réponse pour une plus grande souplesse du moteur.

- **Turbocompresseur Twin-Scroll.**

Dans le collecteur et dans le turbocompresseur, les conduits sont regroupés par paires de cylindres. Cet agencement a pour conséquence que la mise en pression du turbo s'installe dès 1400 tr/min et que la disponibilité du couple est obtenue aussi rapidement qu'avec un compresseur.

- **Injection directe essence.**

Outre le turbocompresseur, l'injection de l'essence sous haute pression (120 bars) est déterminante pour la puissance spécifique élevée, la faible consommation et le comportement exemplaire en matière d'émissions du turbocompressé.

- **Pompe à huile pilotée.**

L'alimentation en huile à la demande ne refoule que le volume d'huile requis par le moteur. La pompe à huile à débit régulé, consomme jusqu'à 1,25 kW de moins en énergie d'entraînement, selon le point de fonctionnement, et abaisse la consommation de carburant jusqu'à un pour cent.

- **Pompe à eau débrayable.**

La pompe à eau entraînée par un galet à friction assurant une montée en température plus rapide du moteur, ne se connecte que lorsque le moteur est déjà chaud. Ceci permet de réduire la consommation et d'améliorer la dépollution.

- **Carter en aluminium, conception bed-plate.**

Le carter moteur offre tout à la fois une réduction significative de la masse, associée à une grande rigidité, et procure une acoustique sans faille, tout en autorisant l'intégration de nombreuses fonctions et composants. A cet égard il est unique dans sa catégorie par ses performances exceptionnelles.

- **Optimisation du frottement sur la distribution et l'embellage.**

Grâce à la conception optimale des paliers et l'adoption de roulements pour tous les organes de transmission mécanique liés à l'embellage, il a été possible d'obtenir les pertes par frottement les plus faibles de cette catégorie.

- **Un package optimal.**

L'intégration de nombreuses fonctions et nombreux composants dans la culasse et le carter moteur a permis de supprimer des pièces, l'acoustique s'en trouve améliorée, le poids réduit de même que l'encombrement. L'entraînement des auxiliaires par une seule courroie contribue aussi fortement à l'architecture compacte.

## 2.3 La base moteur : le fondement de deux variantes technologiques très différentes.

Une base solide est le préalable d'un concept moteur réussi. La base moteur est conçue de telle façon qu'elle réponde entièrement aux exigences des deux variantes technologiques.

Pour des raisons de technique de fabrication, la géométrie de la nouvelle famille de moteurs avec ses nombreuses déclinaisons est identique sur de nombreux points. Notamment l'entraxe cylindres de 84 mm, l'alésage de 77 mm de même que la hauteur du carter-moteur. Les deux moteurs de 1,6 litre ont de plus une course de 85,5 mm et une cylindrée de 1598 cm<sup>3</sup> en commun.

### **Un carter-moteur innovant aux propriétés exceptionnelles.**

La construction du carter-moteur en aluminium en deux parties, carter cylindre plus carter chapeau de type bed-plate, est une technologie sophistiquée issue du sport mécanique. Avec les nervures de rigidification, elle garantit une rigidité extrême qui fixe une nouvelle référence dans cette catégorie.

Cette conception est aussi responsable de l'excellente acoustique de l'ordre de celle d'un carter beaucoup plus lourd en fonte GS et représente la meilleure valeur obtenue parmi les moteurs à carter moteur en aluminium. Le carter comporte des chemises en fonte grise insérées à la coulée. Le carter chapeau (bed-plate) en aluminium est inséré et vissé sur le carter cylindre en enserrant le vilebrequin. En raison des efforts plus importants dans la variante turbo, des inserts en acier fritté sont coulés dans le carter chapeau pour les paliers de vilebrequin. De plus, les chemises en fonte sont obturées en haut par les joints de culasse (open liner). Le carter-moteur est conçu de telle façon que de grandes sections ouvertes dans l'axe du vilebrequin minimisent les pertes par pompage résultant des mouvements de l'embellage.

### **Des avantages qualitatifs grâce à l'intégration des fonctions.**

Le carter de chaîne intégré dans le carter-moteur présente l'avantage de ne pas nécessiter de joints de grande surface supplémentaires et toute la distribution par chaîne peut être montée sous forme d'un module en partie préassemblé.

Les logements coulés destinés à recevoir les organes auxiliaires comme l'alternateur et le compresseur de climatisation réduisent aussi le nombre de pièces, le poids ainsi que le temps de montage. L'intégration améliore aussi l'agrément acoustique et augmente la rigidité de la fixation des organes secondaires.

### **La réduction des frottements sur la distribution réduit la consommation.**

Comme la combinaison d'un quatre cylindres et d'une traction avant n'est pas franchement critique sur le plan de l'acoustique, on a donc pu renoncer aux arbres d'équilibrage, qui auraient alourdi inutilement l'ensemble.

Lors de la conception, une des priorités a été la réduction des pertes par frottement jusqu'à un niveau très faible, encore jamais atteint dans cette catégorie, afin de réduire encore les consommations. Comme une grande part du frottement est provoqué par le vilebrequin, le choix s'est porté sur de petits tourillons d'un diamètre de 45 mm. Pour optimiser la consommation d'huile du moteur et, ainsi, réduire les pertes par frottement, sur tous les moteurs, les coussinets ont été subdivisés en cinq catégories afin de réduire le jeu sur le palier principal du vilebrequin.

Le concept de construction allégée de ces moteurs comprend aussi l'optimisation du poids du vilebrequin. Ce dernier est conçu de telle façon que la rigidité va en diminuant vers l'arrière, partant du côté de la transmission, ce qui présente des avantages au niveau vibratoire. Outre les quatre contrepoids, le vilebrequin du moteur suralimenté comporte encore quatre poids d'équilibrage de dimension plus réduite.

### **Plus d'onctuosité grâce à la bielle trapézoïdale au poids optimisé.**

Vu de côté, l'œil supérieur du pied de bielle a une forme trapézoïdale. Ce qui signifie que l'œil va en s'amenuisant vers le haut, cela permet de réduire le poids à cet endroit. La bielle se déplaçant à une vitesse moyenne de 18,5 m/s, dans son mouvement de va et vient, chaque gramme économisé sur les masses oscillantes contribue à améliorer le comportement vibratoire.

Les bielles trapézoïdales sont craquées, selon cette technique l'œil inférieur du pied de bielle est brisé à un endroit prédéterminé au moment de l'usinage.

Les pistons du moteur suralimenté à injection directe comportent quatre logements pour soupapes et un embrèvement central pour obtenir une charge stratifiée. Pour réduire la sollicitation thermique, les pistons sont de plus refroidis par de l'huile pulvérisée. Les têtes de pistons du moteur atmosphérique sont uniquement pourvues de logements pour soupapes.

### **Alimentation en huile à la demande et sans pertes.**

Avec la pompe à huile à débit régulé, les nouveaux groupes moto-propulseurs occupent une place unique dans leur catégorie. La pompe à couronne dentée, entraînée par une chaîne, fournit le volume exact d'huile nécessaire pour toutes les conditions de fonctionnement. Cela signifie qu'une conduite de dérivation pour évacuer l'huile excédentaire est superflue. Grâce à ce pilotage optimisé et par la suppression de consommation d'énergie inutile, cette pompe à débit régulé consomme jusqu'à 160 watts de moins en énergie qu'une pompe conventionnelle et abaisse la consommation de carburant de un pour cent environ dans le cycle mixte européen. Dans des conditions normales d'utilisation, pour le client, le gain est encore plus conséquent, car on économise 1,25 kW à 6 000 tours/min.

Lors du choix du filtre à huile, les ingénieurs d'étude ont opté pour une solution écologique. Le filtre à huile n'est pas une cartouche en tôle classée comme déchet spécial et difficilement recyclable, mais une cartouche en papier facile à éliminer. Logée dans un boîtier en aluminium avec couvercle en plastique, elle est facilement accessible.

Comme les moteurs suralimentés sont soumis à de fortes sollicitations thermiques, un échangeur de chaleur huile/eau intégré dans le filtre à huile, maintient la température de l'huile moteur à un niveau sûr même à pleine charge. En outre, en chauffant plus rapidement l'huile moteur, l'échangeur raccourcit la durée de la phase de mise en température et réduit ainsi la consommation et par là les émissions.

Lors du premier remplissage, 4,2 litres d'huile basse friction sont utilisés et 3,7 litres lors de la vidange.

### **La culasse, l'organe distinctif majeur.**

Les deux variantes technologiques se distinguent essentiellement par la conception de la culasse et le système d'alimentation en carburant. C'est pourquoi les points communs sont ici peu nombreux : deux arbres à cames, quatre soupapes par cylindre avec un diamètre de queue de 5 mm, un ressort de rappel et une bougie verticale.

Grâce au grand angle des soupapes, il a été possible de conférer une forme optimale à la chambre de combustion pour une hauteur réduite. En outre, il a été possible de réduire nettement le frottement en adoptant les linguets à rouleau (frottement par roulement) pour tous les éléments de la transmission mécanique.

Grâce à l'intégration dans le carter de chaîne de nombreuses fonctions et composants comme la jauge, la pompe à vide, la pompe à haute pression, le boîtier du thermostat et les amortisseurs de bruits d'admission, il a été possible de remplir les nombreuses exigences très ambitieuses, définies au cahier des charges.

### **Différentes méthodes de moulage pour les différentes variantes de moteur.**

Deux méthodes de moulage différentes sont utilisées pour la fabrication de la culasse. Alors que la culasse du moteur à injection directe est en fonte coquille basse pression, la technique innovante de fonderie à modèle perdu (lost foam) est utilisée sur le moteur atmosphérique. Cette technique développée par la fonderie d'alliages légers de l'usine BMW de Landshut a été utilisée pour la première fois en série sur un six cylindres. Comme les culasses sont produites par PSA Peugeot Citroën, BMW Group a mis son savoir-faire technologique à la disposition de PSA Peugeot Citroën pour l'introduction de cette méthode en grande série. Ces deux méthodes sont particulièrement appropriées pour configurer de façon optimale les contours intérieurs compliqués avec les cavités pour les conduits d'air ainsi que les circuits d'huile et de liquide de refroidissement.

A la différence des technologies de moulage conventionnelles, le moulage à modèle perdu est une méthode positive contribuant à la réduction du poids du moteur. Une maquette identique à la culasse réalisée en polystyrène est recouverte d'un enduit, vibrée dans un lit de sable et entièrement recouverte de sable à l'exception du canal de carotte. Pendant l'opération de moulage automatisée, l'aluminium liquide passe par le canal. Il prend la place de la maquette de polystyrène et adopte la forme de la culasse. Le grand degré de précision de cette méthode de moulage permet d'intégrer même des détails filigranes comme les trous d'huile, les conduits de retour et les canaux blow-by, ce qui dispense de nombreuses opérations d'usinage mécanique.

### **Encombrement réduit grâce à la distribution mono-courroie.**

Pour des raisons d'encombrement, un des objectifs du développement était de concevoir un moteur aussi court et compact que possible. C'est pourquoi, l'alternateur et le compresseur de la climatisation sont entraînés par une seule courroie poly-V. La courroie est tendue à l'aide d'un tendeur mono-bras à ressort à torsion. L'entraînement de la pompe à liquide de refroidissement par un galet à friction a permis de renoncer au deuxième train de courroies, ce qui place ces moteurs parmi les quatre cylindres les plus courts de leur catégorie.

### **Bilan thermique intelligent grâce à la pompe à eau débrayable.**

Le refoulement du volume exact de liquide de refroidissement requis, au plus juste, est une des nombreuses mesures contribuant à réduire la consommation. Un galet à friction fixé sur un bras est intercalé sur le vilebrequin entre la roue de la pompe à eau et la poulie. Un actuateur électrique permet de modifier la position du galet et de déconnecter la pompe à eau pour une montée en température plus rapide lors d'un démarrage à froid.

Pour économiser de l'énergie et accélérer la montée en température, le liquide de refroidissement ne recommence à être refoulé que lorsque le moteur a atteint sa température de fonctionnement. Sur un moteur chaud, le thermostat piloté par la gestion moteur règle la température du liquide de refroidissement à la valeur la plus favorable pour la consommation, pour chaque point de fonctionnement.

### **Une famille de moteurs facile d'entretien.**

La facilité d'entretien, la périodicité optimale et l'économie d'usage étaient aussi inscrites au cahier des charges. Selon les conditions d'utilisation et le style de conduite, la périodicité des vidanges d'huile sera de 30 000 km environ. Les bougies et le filtre à air doivent être changés tous les 60 000 km. L'entraînement des arbres à cames par chaîne n'est pas seulement précis et fiable, mais reste aussi exempt d'entretien pendant toute la durée de vie du moteur. Aucune opération d'entretien n'est nécessaire sur les soupapes en raison du rattrapage hydraulique automatique du jeu des soupapes.

## **2.4 Moteur atmosphérique à distribution à levée variable : premier de sa catégorie dans tous les domaines.**

Le moteur atmosphérique avec un taux de compression de 11:1 développe une puissance de 85 kW/115 ch à 5 700 tr/min et atteint son régime maximum à 6 500 tr/min. D'une cylindrée de 1,6 litre, le quatre cylindres dispose d'un couple de 140 Nm dès 2 000 tr/min et atteint son couple maximum de 160 Nm à 4 250 tr/min. Grâce à sa large plage de régimes utiles, le groupe moto-propulseur compact procure à la fois un agrément de conduite au meilleur niveau et les avantages d'une consommation réduite.

La distribution à levée variable ainsi que tout un train de mesures allant du bilan thermique sophistiqué à la réduction des pertes par frottement font de ce moteur atmosphérique, l'un des plus efficaces face à la concurrence, moteurs à essence à injection directe inclus.

### **Gains en consommation et en dynamique grâce à la distribution à levée variable.**

La distribution à levée variable fonctionne selon le principe de la distribution sans étranglement et régule la puissance moteur par l'intermédiaire du réglage graduel de la levée des soupapes et des temps d'ouverture des soupapes d'admission. Cette technologie, issue du concept VALVETRONIC de BMW Group permet d'atteindre des valeurs de pointe en dynamique pour une consommation exemplaire.

Dans les moteurs à essence traditionnels, la puissance moteur est régulée par le boîtier papillon. Surtout en charge partielle, le moteur doit, dans la phase d'aspiration, vaincre la résistance du clapet d'air frais, totalement ou partiellement fermé, ce qui entraîne des pertes et une consommation de carburant.

Dans la nouvelle distribution innovante, la levée des soupapes et les temps d'ouverture des soupapes sont réglés par la position de l'accélérateur, sans faire appel à un boîtier papillon. Cette distribution pratiquement exempte de pertes par pompage abaisse la consommation, réduit les émissions et garantit une réponse plus spontanée pour une plus grande souplesse du moteur.

### **Comment fonctionne cette distribution innovante ?**

Cette technologie révolutionnaire est basée sur le calage variable des arbres à cames. Sous l'effet de rotation des deux arbres à cames, le début et la fin des temps d'ouverture des soupapes peuvent être réglés en continu ; mais la puissance du moteur ne peut être réglée que dans certaines limites.

Désormais ces limites disparaissent grâce à la levée variable des soupapes qui permet de régler graduellement et simultanément la section d'ouverture et la durée d'ouverture des soupapes d'admission.

L'arbre à cames n'agit plus directement sur le levier oscillant actionnant la soupape, mais sur un linguet intermédiaire. Ce linguet porte en son centre un rouleau sur lequel passe la came. Son extrémité inférieure prend appui sur le rouleau du levier oscillant, en son centre, le linguet prend appui sur un deuxième rouleau logé sur un arbre excentrique.

Quand l'arbre à cames tourne, le linguet intermédiaire est animé d'un mouvement de va et vient. C'est le point fixe du levier de renvoi qui détermine l'endroit où le linguet agit et le moment de son intervention.

L'arbre excentrique entraîné par un moteur électrique modifie ce point fixe et transforme en continu le mouvement de montée de la came d'admission en une montée de la soupape entre 0,2 et 9,5 mm.

Le moteur électrique monté directement sur la culasse entraîne l'arbre excentrique par l'intermédiaire d'une vis. Il ne lui faut que 300 millièmes de seconde pour déplacer le linguet de la position de levée minimale à la position de levée maximale. C'est aussi le temps qu'il faut à l'arbre à cames d'admission pour effectuer une rotation de 70 degrés et à l'arbre à cames d'échappement pour effectuer une rotation de 60 degrés.

### **Des réductions de consommation allant jusqu'à 20 pour cent.**

Selon le profil routier et les conditions de trafic, la distribution à levée variable permet d'économiser jusqu'à 20 pour cent de carburant en moyenne.

Dans le cycle mixte européen, l'économie est de neuf pour cent environ.

Cette technologie innovante, qui, avec le moteur atmosphérique, fait maintenant ses débuts dans le segment des voitures compactes et sub-compactes fonctionne indépendamment des qualités de carburant et d'huile utilisées et ne nécessite pas de carburant sans soufre. C'est pourquoi elle peut être utilisée sur tous les marchés du monde entier.

Toutefois, tant BMW Group que PSA Peugeot Citroën continuent à plaider pour une amélioration continue des carburants et en particulier pour leur désulfuration.

### **Très grande précision dans la fabrication mécanique.**

La distribution à levée variable exige une grande précision de la technologie de fabrication. C'est ainsi que les contours du linguet déterminant la levée de soupapes doivent être ajustés au  $\frac{1}{1000}$ ème de millimètre.

Les arbres à cames des deux variantes de moteur sont «usinés». Cela signifie que des anneaux à cames en inox très résistant sont frettés et usinés sur un arbre moulé. Lors d'un ajustage final, les cames sont usinées avec une précision de  $1\mu$  ( $\frac{1}{1000}$  mm). Pour des raisons de poids, l'arbre excentrique est aussi produit selon cette méthode et est également fabriqué avec une tolérance dans le domaine du micron.

### **Une combustion optimale pour une dépollution exemplaire.**

Une pompe électrique refoule le carburant vers la rampe de distribution en plastique dans laquelle se trouvent les quatre soupapes d'injection. Le volume optimal de carburant injecté est calculé par la gestion moteur en fonction de nombreux paramètres et le carburant est injecté dans le canal d'admission sous une pression de cinq bars environ.

Egalement pilotées par la gestion moteur, des bobines d'allumage individuelles montées sur chaque bougie assurent une tension d'allumage optimale. Un détecteur de cliquetis surveille la combustion dans la chambre de combustion et le cas échéant réduit l'avance à l'allumage. Ce régulateur anti-cliquetis permet de fonctionner avec des qualités de carburant de 91 à 98 indice d'octane.

En aval du collecteur en éventail se trouvent le système de dépollution avec le catalyseur céramique et deux sondes à oxygène.

### **Pièces raccordées : parées contre toute éventualité.**

En fonctionnement normal, le boîtier papillon est ouvert en permanence. Une pompe à vide supplémentaire située en bout d'arbre à cames d'échappement produit la dépression nécessaire pour l'amplificateur de la force de freinage.

Pour des raisons de sécurité les pièces raccordées et périphériques dans les zones sensibles aux impacts sont définies de telle façon qu'elles absorbent l'énergie en cas de choc et sont détruites avant de pouvoir pénétrer dans l'habitable.

## 2.5 Le groupe motopropulseur à hautes performances : le moteur turbocompressé à injection directe.

Le moteur essence suralimenté à injection directe associe le couple d'un diesel aux avantages d'un moteur à essence moderne. Il atteint son couple maximum de 240 Nm dès 1400 tr/min qui reste pratiquement constant jusqu'à 4000 tr/min. Il a donc tout ce qu'il faut pour une bonne poussée à partir des bas régimes et de bonnes reprises avec des accélérations optimales, en procurant de ce fait un agrément de conduite de haut niveau. Avec sa puissance nominale de 105 kW/143 ch à 5500 tr/min, ce moteur est le garant de performances sportives (en circuit).

### **Culasse à distribution conventionnelle.**

A la différence du moteur atmosphérique, la culasse du quatre cylindres suralimenté est équipée d'une distribution conventionnelle avec deux arbres à cames en tête, de type usiné, des linguets à rouleau optimisés au niveau du frottement et des éléments hydrauliques pour le rattrapage du jeu des soupapes. Le poids de la distribution a aussi été optimisé pour faciliter la montée en régime du moteur. C'est pourquoi les queues de soupapes n'ont qu'un diamètre de 5 mm. Un ressort de rappel assure leur fermeture.

Le calage entièrement variable de l'arbre à cames d'admission assure une puissance et un couple optimal associés à des valeurs de consommation et dépollution très favorables.

### **Injection directe d'essence pour un niveau élevé de performance.**

La pompe haute pression et à double pistons, entraînée mécaniquement et montée en bout de l'arbre à cames d'admission, alimente les soupapes d'injection par l'intermédiaire d'une rampe de distribution en inox. Les soupapes à haute pression injectent le carburant directement latéralement dans la chambre de combustion à une pression maximale de 120 bars. Le mélange est alors réparti de façon homogène dans la chambre de combustion. ( $\lambda = 1,0$ .)

Pour un moteur à essence suralimenté, ce moteur présente un taux de compression relativement élevé de 10,5:1. C'est pourquoi un régulateur anti-cliquetis surveille la combustion et le cas échéant, intervient pour corriger l'avance à l'allumage et la pression des gaz.

### **Un temps de réponse moteur très fortement réduit grâce à la technologie Twin-Scroll sophistiquée.**

Avec le moteur à essence à injection directe de la nouvelle famille de moteur, c'est la première fois que le turbocompresseur Twin-Scroll est utilisé dans cette catégorie. Dans le collecteur et le turbocompresseur, les conduits sont regroupés, de par leur configuration, par couple de cylindres. Cette technique entraîne une réduction de la contre-pression exercée par les gaz d'échappement à bas régimes de sorte qu'il est possible de mieux exploiter la dynamique des colonnes de gaz pulsantes dans le collecteur. Lorsque la consommation est réduite, la turbine reçoit une poussée supplémentaire si bien que le turbocompresseur peut monter en régime encore plus tôt. L'effet est nettement sensible, car la mise en pression se manifeste dès 1400 tr/min. Le temps de réponse turbo si souvent critiqué sur les moteurs turbo-compressés, est presque complètement évité et le couple est disponible avec la même rapidité que sur un moteur à compresseur mécanique.

Le courant des gaz d'échappement accélère la turbine jusqu'à un régime de 220 000 tr/min. Simultanément, le compresseur situé sur le même arbre comprime l'air frais. Une soupape de décharge (Wastegate) avec clapet anti-retour surveille la pression maximale de compression de 0,8 bar. De plus, une valve dump régule la surpression dans le système, la filière d'admission étant fermée. Pour augmenter le taux de remplissage, l'air frais précomprimé est refroidi dans un échangeur avant d'être envoyé dans la chambre de combustion. L'échangeur peut être placé à différents endroits, selon le véhicule.

La température maximale des gaz d'échappement est surveillée par la gestion moteur et est limitée à la température maximale de 950 degrés Celsius. Pour protéger le turbocompresseur refroidi à l'huile et à l'eau après l'arrêt du moteur contre toute dégradation provoquée par l'accumulation de chaleur, une pompe à eau électrique d'appoint démarre automatiquement dès l'arrêt du véhicule. Elle évacue la chaleur excédentaire.

### 3. Caractéristiques techniques.

#### Le quatre cylindres à essence à distribution à levée variable (85 kW).

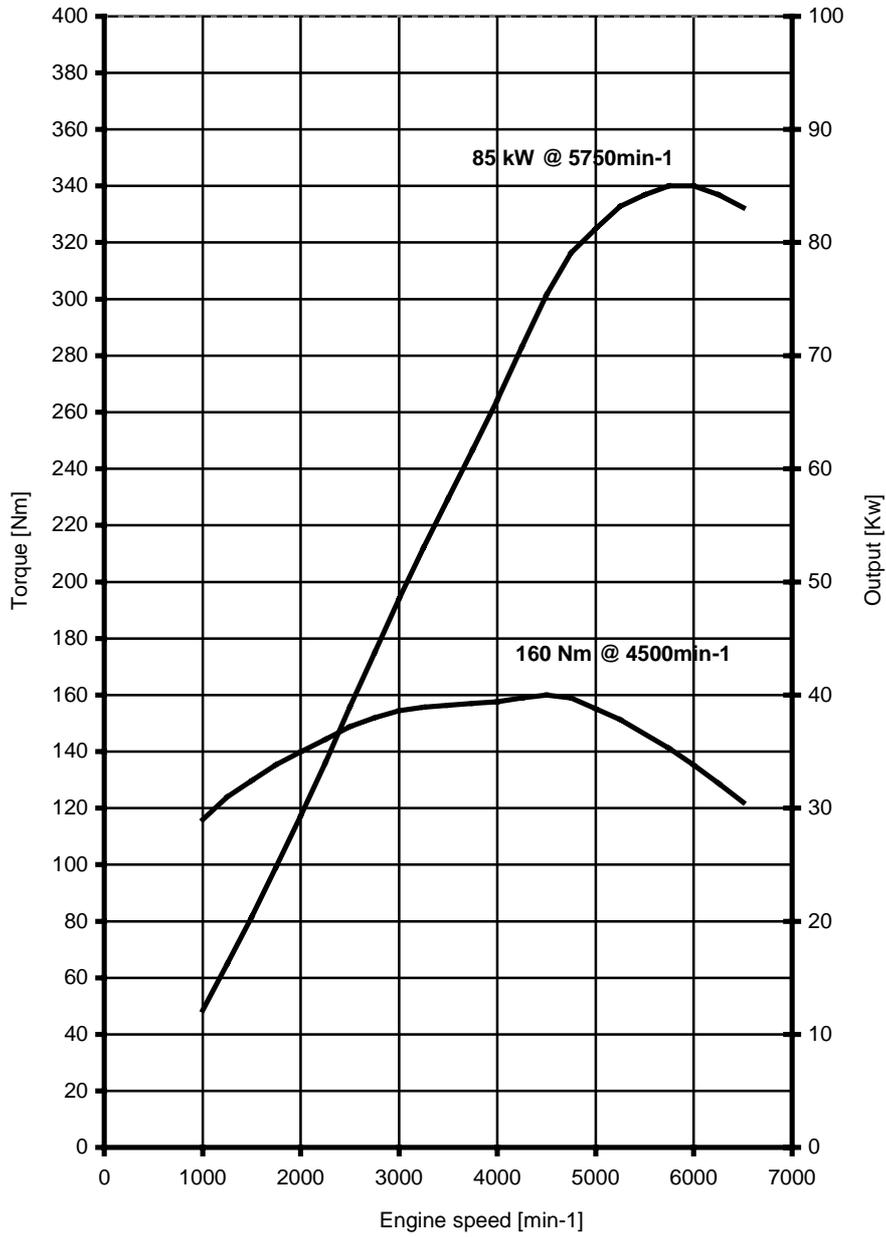
|   |                 |   |
|---|-----------------|---|
| Type                                    | -               | quatre cylindres en ligne   |
| Puissance maxi.                         | kW/ch           | 85/115 à 5 700 tr/min   |
| Couple maxi.                            | Nm              | 160 à 4 250 tr/min  |
| Mode de combustion                      | -               | moteur atmosphérique/ $\lambda = 1,0$ /commande de charge avec distribution à levée variable  |
| Cylindrée réelle                        | cm <sup>3</sup> | 1598  |
| Rapport volumétrique                    | -               | 11,0:1  |
| Alésage/course                          | mm              | 77/85,8   |
| Matériau du carter-moteur               | -               | aluminium ; chemises en fonte GS  |
| Entraxe                                 | mm              | 84  |
| Longueur du carter-moteur               |                 | 420   |
| Hauteur du carter-moteur                |                 | 210   |
| Embiellage                              | mm              | bielles du type trapèze à tête brisée   |
| Arbres à cames                          | -               | 2 arbres à cames usinés, entraînés par chaîne   |
| Calage des arbres à cames               | -               | calage hydraulique en continu de l'arbre à cames d'admission et d'échappement   |
| Commande des soupapes                   |                 | linguets à rouleau ; rattrapage hydraulique du jeu de soupapes  |
| Levée de soupapes admission/échappement | mm              | 0,2 -9,5/8,5  |
| Soupapes par cylindre                   |                 | 4   |
| Poids moteur selon norme BMW Group      | kg              | 114   |
| Gestion moteur/alimentation / allumage  | -               | gestion numérique avec distribution intégrée/injection séquentielle multipoint dans tubulure d'admission/1 bobine par cylindre, régulation anti-cliquetis |
| Carburant                               | ROZ             | 91-98 (indice d'octane ROZ 98)  |
| Niveau d'émissions certifié             | -               | Euro 4/ULEV II  |
| Ligne d'échappement                     | -               | collecteur éventail avec catalyseur principal 3 voies près du moteur  |
| Refroidissement                         |                 | pompe de liquide de refroidissement mécanique débrayable ; température du liquide de refroidissement pilotée par cartographie                             |

## Le quatre cylindres à essence turbocompressé et à injection directe (105 kW).

|   |                 |   |
|---|-----------------|---|
| Type                                      | -               | quatre cylindres en ligne   |
| Puissance maxi.                           | kW/ch           | 105/143 à 5 500 tr/min  |
| Couple maxi.                              | Nm              | 240 à 1400-4 000 tr/min   |
| Mode de combustion                        | -               | moteur essence suralimenté à injection directe/ $\lambda = 1,0$ /turbocompresseur Twin-Scroll                                 |
| Pression de suralimentation               | bar             | 0,8   |
| Cylindrée réelle                          | cm <sup>3</sup> | 1 598   |
| Rapport volumétrique                      | -               | 10,5:1  |
| Alésage/course                            | mm              | 77/85,8   |
| Matériau du carter-moteur                 | -               | aluminium avec inserts en acier fritté; chemises en fonte GS  |
| Entraxe                                   | mm              | 84  |
| Longueur du carter-moteur                 |                 | 420   |
| Hauteur du carter-moteur                  |                 | 210   |
| Embiellage                                | mm              | bielles du type trapèze à tête brisée   |
| Arbres à cames                            | -               | 2 arbres à cames usinés entraînés par chaîne  |
| Calage des arbres à cames                 | -               | calage hydraulique continu de l'arbre à cames d'admission   |
| Commande des soupapes                     |                 | linguets à rouleau ; rattrapage hydraulique du jeu des soupapes   |
| Levée des soupapes admission /échappement | mm              | 9,0/9,0   |
| Soupapes par cylindres                    |                 | 4   |
| Poids du moteur selon norme BMW Group     | kg              | 130   |
| Gestion moteur/alimentation/allumage      | -               | gestion numérique/injection directe séquentielle à haute pression/une bobine par cylindre, régulation anti-cliquetis          |
| Pression d'injection                      | bar             | 120   |
| Carburant                                 | ROZ             | 91-98 (indice d'octane ROZ 98)  |
| Niveau d'émissions certifié               | -               | Euro 4/ULEV II  |
| Ligne d'échappement                       | -               | collecteur en fonte GS avec catalyseur principal à 3 voies près du moteur   |
| Refroidissement                           |                 | Pompe de liquide de refroidissement mécanique débrayable ; température du liquide de refroidissement pilotée par cartographie |

## 4. Diagramme de couple et de puissance.

Le quatre cylindres à essence à distribution à levée variable (85 kW).



### Le quatre cylindres à essence turbocompressé à injection directe (105 kW).

