

# Le nouveau V8 destiné à la BMW M3. Table des matières.



## **Le nouveau V8 destiné à la BMW M3.**

Fiche signalétique. .... 2

## **En progression à tous les égards :**

### **le nouveau V8 destiné à la BMW M3.**

(Résumé) ..... 3

(Version longue) ..... 8

**Caractéristiques techniques.** ..... 21

**Caractéristiques de puissance et de couple.** ..... 22

# Le nouveau V8 destiné à la BMW M3. Fiche signalétique.



- Premier huit cylindres pour la voiture de sport BMW M3.
- Potentiel de puissance énorme : 309 kW (420 ch) puisé dans une cylindrée de 4,0 litres.
- Couple maximal de 400 Newtons-mètres à 3 900 tr/mn. 85 pour cent du couple maximal disponible sur une plage de régimes de 6 500 tr/mn.
- Poussée exceptionnelle grâce à la mise en œuvre rigoureuse du concept M du haut régime, régime moteur maximal : 8 300 tr/mn.
- Construction allégée systématique pour le moteur et les organes secondaires, nouveau V8 parmi les huit cylindres les plus légers au monde, poids inférieur à celui du six cylindres en ligne de la devancière.
- Calage variable des arbres à cames double VANOS basse pression pour un échange gazeux optimal, capacité du système entièrement disponible déjà à la pression d'huile moteur normale.
- Huit papillons individuels pour une réponse spontanée du moteur.
- Alimentation en huile fiable jusqu'à une accélération longitudinale et transversale de 1,4 g grâce à deux pompes à huile et un système de graissage à carter humide à dynamique optimisée.
- Ligne d'échappement améliorant l'échange gazeux, poids et fonctionnalités optimisés grâce à l'hydroformage, émissions respectant les normes antipollution Euro 4 et LEV 2.
- Gestion moteur améliorée MSS60, coordination optimale de toutes les fonctions du moteur avec les différents boîtiers électroniques de la voiture.
- Technologie du courant ionique, reconnaît et/ou distingue le cliquetis et les ratés d'allumage et de combustion éventuels par mesure du courant ionique dans la chambre de combustion.
- Récupération de l'énergie dissipée au freinage avec régulation intelligente du générateur.

# En progression à tous les égards : le nouveau V8 destiné à la BMW M3. (Résumé)



Son nom est l'incarnation même du nec plus ultra de la joie au volant : BMW M3. La nouvelle édition de la voiture de hautes performances la plus convoitée de la société BMW M GmbH répond, elle aussi, à cette ambition. Elle fournit en même temps une réponse fascinante à la question des adeptes de voitures de sport : peut-on repousser les limites encore plus loin ? La nouvelle BMW M3 est en progression à tous les égards. Cela vaut tout particulièrement pour le moteur, mais pas seulement pour lui. Après 15 ans et deux générations de modèles, le six cylindres qui a fait époque trouve aujourd'hui son successeur. La nouvelle BMW M3 s'élance avec un huit cylindres sous le capot : avec plus de cylindres, plus de cylindrée, plus de puissance, plus de régime. Et on peut dès maintenant présumer un surplus d'enthousiasme.

La barre fixée au nouveau moteur aurait difficilement pu être placée plus haut. Le six cylindres en ligne de 3,2 litres s'était taillé une renommée mondiale et a engrangé de nombreuses distinctions. Elu «Engine of the Year» à plusieurs reprises et fort de 252 kW (343 ch) dans sa dernière version, il n'a pas seulement fait de la BMW M3 le fin du fin dans la catégorie des voitures de sport hautes performances, mais en a également fait un best-seller. Cependant : toute chose n'a qu'un temps. Le six cylindres en ligne quitte la scène. Le V8 destiné à la nouvelle BMW M3 arrive sur la scène.

La fiche technique du nouveau moteur de hautes performances témoigne de l'énorme progrès accompagnant ce changement. La cylindrée est de 3999 cm<sup>3</sup>, la puissance de 309 kW (420 ch). Le couple maximal de 400 Newtons-mètres impressionne tout autant que le régime maximal de 8300 tr/mn. D'emblée, la nouvelle BMW M3 se hisse à la tête grâce à des performances magistrales.

## **Des cotes idéales pour des performances optimales.**

Cubant 500 cm<sup>3</sup> par cylindre, le nouveau V8 satisfait l'idéal des motoristes exigeants rien que par le volume de ses cylindres. Mais les autres critères de conception – des dimensions et capacités jusqu'au poids en passant par le nombre des composants – représentent également l'optimum.

De plus, le huit cylindres marque certaines spécificités des automobiles de série, comme le double VANOS, les papillons individuels et la gestion moteur performante, de l'empreinte M. En même temps, le nombre de cylindres, le concept M du haut régime et le poids réduit, sont un indice indéniable qui

montre que les ingénieurs se sont inspirés du huit cylindres mis en œuvre par BMW Sauber F1 Team. Les points communs avec le moteur de Formule 1 actuel de la marque sont multiples. Divers principes technologiques, méthodes de fabrication et matériaux sont également empruntés au moteur de Formule 1 pour intégrer celui de la nouvelle BMW M3.

La puissance spécifique du nouveau V8 dépasse nettement le cap des 100 ch par litre de cylindrée considérés comme référence pour un débit de puissance particulièrement sportif. Or, la puissance n'est pas tout. L'expérience de dynamisme est surtout marquée par le comportement à l'accélération qui est influencé tant par le poids de la voiture que par la force propulsive. Cette «poussée» disponible aux roues motrices résulte du couple moteur et de la démultiplication totale. Le concept M du haut régime permet de réaliser une démultiplication optimale des rapports de boîte et du pont et, partant, de fournir une poussée impressionnante. Sur le moteur de la nouvelle BMW M3, les ingénieurs ont ouvert une nouvelle dimension au principe du haut régime. Le régime maximal du huit cylindres est de 8300 tr/mn. La deuxième composante de la poussée – le couple moteur – atteint 400 Newtons-mètres à 3900 tr/mn. 85 pour cent environ du couple maximal sont disponibles sur une large plage de régimes, soit sur 6500 tr/mn. 340 Newtons-mètres sont délivrés dès 2000 tr/mn.

### **Régime élevé, poids réduit.**

La masse est l'ennemi de l'accélération. C'est pourquoi le V8 ne pèse que 202 kilogrammes et est, donc, un véritable poids plume. Il gagne même une quinzaine de kilogrammes par rapport au six cylindres de la devancière. Le surpoids dû aux deux cylindres supplémentaires a donc été plus que compensé. A cela s'ajoute que le concept du haut régime permet en principe la réalisation d'une chaîne cinématique très légère et de rapports très courts.

Pourtant, plus le régime moteur monte et plus les limites dictées par la physique se rapprochent inéluctablement. Ainsi par exemple, à 8300 tours de vilebrequin par minute, chacun des huit pistons parcourt 20 mètres par seconde. Les contraintes agissant sur les matériaux mis en œuvre sont donc énormes. Une autre raison pour laquelle les motoristes ayant conçu le nouveau huit cylindres ont cherché à minimiser autant que possible les masses en mouvement.

### **Un bloc moteur issu de la fonderie BMW dédiée à la Formule 1.**

Le bloc du nouveau huit cylindres est issu de la fonderie BMW de Landshut, spécialisée dans les alliages légers. Les blocs moteurs destinés aux bolides de Formule 1 sortent également de cette unité de production. Le carter moteur est réalisé en un alliage spécial d'aluminium et de silicium. Au lieu de chemiser les cylindres, leurs surfaces de glissement sont réalisées par mise à nu des cristaux de silicium très durs. Les pistons revêtus de fer montent et descendent directement dans ces alésages non revêtus et traités par rodage.

Les régimes énormes, les pressions de combustion et les températures élevées soumettent le carter moteur à des contraintes extrêmes. C'est pourquoi il a été conçu sous la forme d'un carter semelle (bedplate) très compact et particulièrement résistant aux torsions, ce qui assure un logement très précis du vilebrequin. Le vilebrequin matricé, relativement court, se montre également très rigide en flexion et en torsion. Il ne pèse pourtant qu'environ 20 kilogrammes.

### **Double VANOS basse pression.**

Le système de calage variable des arbres à cames double VANOS perfectionne le cycle de charge grâce à des réglages ultrarapides. Il réduit les pertes par pompage et améliore ainsi la puissance, le couple et la réponse du moteur ainsi que la consommation de carburant et les émissions polluantes. Le double VANOS M basse pression spécialement développé pour le huit cylindres se contente de la pression d'huile moteur normale pour réaliser des réglages ultrarapides. L'angle de calage optimal est adapté à tous moments en fonction de la charge et du régime moteur, en synchronisation avec le point d'allumage et le débit d'injection.

### **Alimentation en huile fiable même sous conduite hyperdynamique.**

Deux pompes à ailettes et tiroirs pilotées à débit volumétrique alimentent le huit cylindres en huile de graissage. A chaque instant, elles refoulent exactement la quantité requise par le moteur. Un graissage à carter humide à dynamique optimisée assure la lubrification même lors de manœuvres de freinage extrêmes. Le système comporte deux carters d'huile : un petit logé en avant du porte-essieu avant et un grand disposé en arrière du porte-essieu. Une pompe séparée aspire l'huile du petit carter avant pour l'amener dans le grand carter arrière.

### **Huit papillons des gaz individuels à pilotage électronique.**

Un papillon des gaz individuel pour chaque cylindre – système répandu dans la course automobile – est un principe inégalé pour assurer au moteur des réponses très spontanées. Le nouveau moteur destiné à la BMW M3 dispose de huit papillons individuels, les quatre papillons de chaque rangée de

cylindres étant desservis par leur propre servomoteur. La commande des papillons est entièrement électronique et ultrarapide. Elle assure ainsi une réponse très fine du moteur à bas régimes et une réaction immédiate de la voiture à l'appel d'une puissance moteur élevée.

### **Ligne d'admission d'air à écoulement optimisé.**

Pour garantir un comportement dynamique spontané du moteur, les papillons sont placés à proximité directe des soupapes d'admission dans les tubulures d'admission. La longueur et le diamètre des trompes d'admission favorisent également l'effet de suralimentation par résonance. Pour optimiser le poids, les trompes et les collecteurs d'admission sont en un matériau composite léger comportant 30 pour cent de fibres de verre.

### **Ligne d'échappement innovante.**

La conception de la ligne d'échappement pour le nouveau V8 optimise à son tour les échanges gazeux en faveur d'une courbe de puissance et de couple idéale. Ici aussi, les ingénieurs d'étude ont prêté une attention toute particulière à une construction légère rigoureuse.

Les tuyaux d'échappement sont réalisés par hydroformage. Lors de ce procédé, les tuyaux se voient conférer la forme souhaitée sous l'action d'une pression intérieure pouvant atteindre 800 bars. Leurs parois présentent alors une épaisseur extrêmement réduite de 0,65 à 1,0 millimètre seulement. Les résistances à l'écoulement, le poids ainsi que la réponse des pots catalytiques s'en trouvent optimisés. Quatre pots catalytiques dépolluent les gaz d'échappement. Le moteur satisfait aux normes antipollution européenne Euro 4 et américaine LEV 2.

### **Encore plus performante : la gestion moteur électronique.**

La gestion électronique du V8 est un autre système perfectionné. Elle coordonne toutes les fonctions du moteur de manière optimale. Ainsi par exemple, elle analyse plus de 50 signaux d'entrée pour déterminer le point d'allumage optimal, le remplissage idéal, le débit et le moment d'injection pour chaque temps moteur et pour chaque cylindre. Simultanément, elle calcule et gère le calage optimal des arbres à cames ainsi que la position correspondante des huit papillons des gaz. La gestion soutient aussi les fonctions spécifiques M de l'embrayage, de la boîte de vitesses, de la direction et des freins.

Enfin, la gestion moteur assume les tâches complexes du diagnostic embarqué (OBD) comprenant diverses routines de diagnostic pour l'atelier ainsi que d'autres fonctions et la commande de divers périphériques.

### **Raffinement de la gestion moteur : la technologie du courant ionique.**

La technologie du courant ionique – destinée à identifier le cliquetis ainsi que des ratés de l'allumage et de la combustion – est un raffinement particulier de la gestion électronique. Contrairement aux méthodes conventionnelles, cette détection a lieu directement au cœur de l'action, à savoir dans la chambre de combustion. Cette méthode permet de capter, dans chaque cylindre, tout cliquetis éventuel et de le supprimer et, en même temps, de contrôler l'allumage correct, voire de reconnaître d'éventuels ratés. Elle s'appuie pour cela sur les bougies. Ces dernières servent ainsi à la fois d'actuateurs pour l'allumage et de capteurs surveillant la combustion et savent ainsi distinguer entre ratés de combustion et ratés d'allumage. Cette double fonctionnalité facilite aussi le diagnostic pour les travaux d'entretien et de révision.

### **Efficacité et dynamisme accrus grâce à la fonction Brake Energy Regeneration.**

Pour augmenter encore l'efficacité du nouveau moteur V8, la récupération de l'énergie dissipée au freinage (Brake Energy Regeneration) permet de faire fonctionner une gestion intelligente des flux d'énergie qui concentre la production d'énergie électrique pour le réseau de bord sur les phases de décélération et de freinage. La batterie de la voiture est ainsi chargée sans devoir recourir à la puissance du moteur et, donc, à l'énergie que renferme le carburant. Lors des phases d'accélération, le générateur est en règle générale déconnecté. Ce principe n'assure pas seulement une production de courant particulièrement efficace, mais aussi un surcroît de puissance à l'accélération, puissance qui peut donc être convertie en dynamisme.

## En progression à tous les égards : le V8 destiné à la nouvelle BMW M3. (Version longue)



Un moteur d'exception pour une voiture de sport d'exception : le V8 destiné à la nouvelle BMW M3 ouvre des dimensions inédites à la joie au volant distillée par la deux portes de hautes performances née dans la société BMW M GmbH. L'association de ce moteur avec le concept unique de cette automobile n'est que fascination pure.

Fascination V8 : un V8 fait battre plus fort le cœur de tout passionné d'automobile. A fortiori quand il s'agit du moteur atmosphérique d'une voiture de sport pur sang tournant à haut régime. Fascination Formule 1 : la catégorie reine de la course automobile mise – une fois de plus – sur le moteur à huit cylindres. Et les parallèles entre le moteur mis en œuvre par BMW Sauber F1 Team et celui qui animera la nouvelle BMW M3 sont indéniables. Fascination BMW M3 : fort du nouveau V8, la BMW M3, voiture de sport déjà légendaire, se pose à nouveau en référence dans son segment. Et elle agrandit encore l'avance sur la concurrence – car jamais, une BMW M3 de série n'a été propulsée par un moteur plus puissant et plus gros.

La fiche technique témoigne de l'énorme progrès accompagnant le passage du six cylindres en ligne ayant dominé la scène pendant plus de 15 ans au nouveau huit cylindres. La cylindrée est de 3 999 cm<sup>3</sup>, la puissance de 309 kW (420 ch). Le couple maximal de 400 Newtons-mètres impressionne tout autant que le régime maximal de 8300 tr/mn. Il y a 20 ans, la première BMW M3 a initié le segment des voitures de sport puissantes. Aujourd'hui, la quatrième du nom indique la voie vers une nouvelle dimension de la joie au volant.

### **Après 15 ans : adieu six cylindres, bonjour V8.**

Le mieux est l'ennemi du bien. C'est vrai aussi pour le moteur de la «voiture du siècle», titre par lequel la revue spécialisée française «Auto Plus», euphorique, a rendu hommage à la BMW M3 de la deuxième génération, il y a 15 ans. Mais avec le régime anabolissant grâce auquel la BMW M3 de la troisième génération a pour la première fois dépassé les 100 ch par litre de cylindrée, le potentiel technique du six cylindres est exploité de manière optimale. Un nouvel accroissement de la puissance débitée aurait gâté le dynamisme de conduite. Les pièces fortement sollicitées auraient en effet dû être encore renforcées et, par là, alourdies. Conséquence : les débuts de la BMW M3 de la quatrième génération s'accompagnent d'un changement sous le capot moteur : feu vert donc au nouveau V8.

Par sa puissance de 309 kW (420 ch), ce moteur tient d'ailleurs à une distance respectueuse la motorisation de pointe des BMW de la Série 3, à savoir le six cylindres en ligne de 3,0 litres doté du Twin Turbo qui développe 225 kW (306 ch). C'est ainsi que la nouvelle BMW M3 garde, elle aussi et à tous les égards, le naturel unique des voitures de hautes performances issues de la société BMW M GmbH.

### **La formule idéale des motoristes : 8 x 500 = 4000.**

Huit cylindres, quatre litres de cylindrée. Voilà comment le nouveau propulseur réalise aussi un rêve du motoriste. En effet, un volume de 500 cm<sup>3</sup> par cylindre est considéré comme idéal. Un six cylindres de puissance comparable aurait dû s'écarter de cette géométrie idéale du moteur sport. Le nouveau V8 par contre constitue la solution théorique et pratique optimale de par ses dimensions, ses capacités de remplissage, le nombre de ses pièces et son poids propre.

### **Le concept du haut régime accède à une nouvelle dimension.**

Pourtant, les motoristes sont restés fidèles au concept M typique du haut régime. Et plus encore : ils l'ont hissé à un niveau inédit. Le nouveau V8 atteint son régime maximal à 8300 tr/mn, soit une valeur qui était jusqu'ici l'apanage des moteurs de course et de quelques pièces rares, et encore. Même aujourd'hui, les ingénieurs qui osent développer un moteur de série poussant aussi loin, sont très peu nombreux.

Pour les moteurs atmosphériques de hautes performances développés par la société BMW M GmbH par contre, le principe du haut régime fait partie de la tradition, car il garantit une énorme poussée à partir des hauts régimes. Il permet de renoncer aux détours techniques passant par une augmentation de la cylindrée ou une suralimentation et d'éviter par là même l'augmentation du poids et de la consommation qui y est souvent liée. En appliquant le principe du haut régime, les motoristes assurent une spontanéité à la hauteur des exigences élevées à remplir par le concept global d'une automobile M. Le moteur réagit donc en un clin d'œil aux souhaits exprimés par le conducteur. De la même manière, le nouveau V8 se révèle aussi comme un moteur M typique de par son potentiel de puissance, le déploiement de cette puissance, ses dimensions et son poids.

### **Parrainé par la Formule 1, préparé par les ingénieurs de BMW M.**

Le huit cylindres présente par ailleurs les spécificités M connues, comme le double VANOS, les papillons individuels et une gestion moteur performante. En même temps, le nombre des cylindres, le concept du haut régime et le poids réduit sont un indice qui montre que les ingénieurs se sont inspirés du huit cylindres mis en œuvre par BMW Sauber F1 Team, soit le moteur

actuel de la marque dans la catégorie reine de la course automobile. Les points communs ne se limitent pas aux principes technologiques de base, mais concernent aussi les méthodes de fabrication et les matériaux. Une preuve du transfert technologique entre les bolides de course et les voitures de série. Une différence par contre ne s'effacera jamais : la BMW M3 ne sera pas seulement mise à rude épreuve les week-ends de course. Son moteur de hautes performances travaille tous les jours, sur toutes les routes, par tout temps, fiablement et pendant de longues années.

### **Puissance accrue de 20 pour cent – une nouvelle dimension du dynamisme.**

Une nouvelle BMW M3 doit offrir une chose avant tout : encore plus de puissance. Le gain enregistré pour la quatrième génération de cette voiture est d'environ 20 pour cent, son moteur délivre 309 kW (420 ch). La puissance spécifique du huit cylindres dépasse nettement le cap des 100 ch par litre de cylindrée considérés comme référence pour un débit de puissance particulièrement sportif. Or, la puissance n'est pas tout. L'expérience de dynamisme est surtout marquée par le comportement à l'accélération qui est à son tour influencé tant par le poids de la voiture que par sa force propulsive.

Quant au poids du véhicule, soit la masse à accélérer, le moteur y est pour une partie essentielle. Après tout, il est un des ensembles les plus lourds d'une voiture. Mais la nouvelle BMW M3 fixe aussi un nouveau repère dans ce domaine : affichant 202 kilogrammes sur la balance, son V8 compte parmi les huit cylindres les plus légers sur le marché. Pour comparaison : le V8 de 294 kW (400 ch) animant la devancière de l'actuelle BMW M5 affichait 240 kilogrammes. Bien que la puissance ait progressé, il a donc été possible de réduire le poids de plus de 15 pour cent. Même par rapport au six cylindres de la BMW M3 désormais ancienne, le gain de poids est d'environ 15 kilogrammes. Le surpoids dû aux deux cylindres supplémentaires a donc été plus que compensé.

### **Le concept du haut régime met en exergue la puissance et le couple.**

La deuxième composante du dynamisme, la poussée effectivement disponible aux roues motrices, résulte du couple moteur et de la démultiplication totale. Atteignant 400 Newtons-mètres à 3900 tr/mn, le couple maximal du huit cylindres est d'environ 10 pour cent supérieur à celui du six cylindres en ligne de la devancière. 340 Newtons-mètres sont disponibles dès 2000 tr/mn. 85 pour cent environ du couple maximal sont disponibles sur une plage de régimes énorme pour un moteur de voiture de sport, soit sur 6500 tr/mn. Cela ne reste pas sans effet sur le naturel de la nouvelle BMW M3. Elle ne fait pas seulement preuve d'un dynamisme débordant, mais s'avère de plus être un excellent choix pour sillonner sereinement les routes sinueuses ou s'insérer dans la circulation urbaine.

Enfin – et c'est là le point décisif pour le résultat d'ensemble – le concept du haut régime dans son interprétation M spécifique permet une démultiplication optimale des rapports de boîte et du pont et garantit ainsi la transmission parfaite de la poussée impressionnante sur la route. Un exemple illustre bien l'effet ainsi obtenu : si un cycliste met un plus petit braquet pour monter une côte, il doit, certes, pédaler plus vite, mais il viendra à bout de pratiquement toutes les pentes. Si, cependant, il ne change pas de vitesse ou qu'il enclenche même un braquet plus grand, il doit soit appuyer plus fortement sur les pédales soit descendre de son vélo. A force égale, l'emportera toujours celui des cyclistes qui est capable de pédaler plus vite.

### **Régime élevé, poids réduit.**

Mais pour gagner, il ne suffit pas d'être plus fort et de débiter donc un couple supérieur. La BMW M3 surclasse aussi les rivales qui se fient au concept du couple élevé. Pour transmettre leur couple extrême, elles exigent une chaîne cinématique massivement renforcée et, donc, lourde – des poids et des masses qui pèsent à l'accélération. En revanche, le concept du haut régime peut se contenter d'une chaîne cinématique sensiblement plus légère et de rapports nettement plus courts.

D'autre part, le concept M du haut régime est extrêmement ambitieux de par sa technologie. Si l'électronique a bridé le régime du six cylindres à 8000 tr/mn, le nouveau huit cylindres va nettement plus loin – jusqu'à un régime maximal de 8300 tr/mn. A l'échelle mondiale, aucun V8 avec un volume de fabrication nettement supérieur à celui d'une petite série ne monte plus haut dans les tours.

Le nouveau moteur de la BMW M3 repousse donc à nouveau les limites de ce qui est techniquement faisable dans la construction de moteurs de série. Car plus le régime est élevé, plus on se rapproche des limites dictées par la physique. A 8300 tours de vilebrequin par minute, chacun des huit pistons parcourt 20 mètres par seconde. Il y a peu de temps encore, seuls les pistons mis en œuvre dans l'univers exclusif des sports mécaniques étaient capables d'atteindre une telle vitesse. Les contraintes agissant sur les matériaux paraissaient trop élevées pour la série.

### **Objectifs fixés : compacité, rigidité, légèreté.**

Lors du développement du nouveau huit cylindres, les motoristes ont cherché à réduire les masses en mouvement au strict minimum. Surtout dans l'embellage et la commande des soupapes, il s'agissait de minimiser les masses animées d'un mouvement de rotation. C'est ainsi qu'ils ont disposé deux rangées de quatre cylindres décalées de 17 millimètres dans un angle de 90 degrés pour former un ensemble compact. L'angle de 90 degrés

a été choisi parce qu'il optimise l'équilibrage des masses en termes de vibrations et d'agrément. En somme, cette géométrie répond le mieux à l'objectif antagoniste qui est de filtrer autant que possible les vibrations tout en assurant une résistance maximale aux composants du moteur.

### **Un bloc moteur issu de la fonderie BMW dédiée à la Formule 1.**

Les blocs du moteur de la nouvelle BMW M3 sont réalisés dans la fonderie d'alliages légers de l'usine BMW de Landshut, au même endroit que les blocs moteurs destinés aux bolides de Formule 1. Le carter moteur est réalisé par coulée en coquille à basse pression d'un alliage hypereutectique d'aluminium et de silicium. Dans cet alliage, la teneur en silicium s'élève à 17 pour cent au minimum. Les surfaces de glissement des cylindres sont réalisées par mise à nu des cristaux de silicium très durs. Il n'est donc pas nécessaire de chemiser les cylindres – les pistons revêtus de fer et traités par rodage montent et descendent directement dans les alésages non revêtus. La course est de 75,2 millimètres et l'alésage de 92 millimètres, ce qui donne une cylindrée totale de 3 999 cm<sup>3</sup>.

Les régimes énormes, les pressions de combustion et les températures élevées soumettent le carter moteur à des contraintes extrêmes. C'est pourquoi les ingénieurs d'étude ont adopté une conception du type carter semelle (bedplate) très compacte et particulièrement résistante aux torsions, qui a fait ses preuves dans la course. Le carter semelle en aluminium coulé en coquille intègre des inserts en fonte grise qui assurent un logement très précis du vilebrequin. Cette conception maintient surtout le jeu des paliers dans d'étroites limites sur toute la plage des températures de service, parce que les inserts en fonte grise réduisent la dilatation thermique du carter en aluminium. Le débit d'huile reste ainsi sensiblement constant. Pour former une liaison géométrique avec le cadre en aluminium qui les enveloppe, les inserts présentent plusieurs passages.

L'entraxe des cylindres étant de 98 millimètres seulement, le vilebrequin en acier matricé à haute résistance peut être court. C'est pourquoi il brille par une excellente rigidité en flexion et en torsion. En même temps, il ne pèse que 20 kilogrammes. Il tourne sur cinq paliers, et le diamètre de ses tourillons est de 60 millimètres pour une largeur portante de 28,2 millimètres. Deux bielles s'articulent sur chacun des quatre manetons décalés de 90 degrés les uns par rapport aux autres.

### **Une construction allégée surtout pour les masses en mouvement.**

Les pistons caisson au poids optimisé sont coulés en un alliage d'aluminium extrêmement thermorésistant, puis revêtus de fer. Axe et segments compris, ils ne pèsent que 481,7 grammes. La hauteur de compression ou hauteur d'axe est de 27,4 millimètres pour un taux de compression de 12,0 à 1.

Les pistons sont refroidis par des gicleurs d'huile branchés directement sur le conduit d'huile principal. D'une longueur de 140,7 millimètres, les bielles trapèze du type bielle brisée sont en un alliage acier-magnésium à haute résistance. Chacune des bielles ne pèse que 623 grammes, coussinets compris, ce qui réduit efficacement les masses oscillantes.

Les culasses monoblocs en aluminium possèdent quatre soupapes par cylindre comme tout moteur BMW. Les soupapes dont chacune pèse 42 grammes, sont commandées par des poussoirs à coupelle bombés avec compensation hydraulique du jeu (HVA). Le diamètre des poussoirs n'est que de 28 millimètres. Les soupapes d'admission présentent un diamètre de 35 millimètres, celui des soupapes d'échappement étant de 30,5 millimètres. D'un diamètre de 5 millimètres seulement, leur tige est tellement fine qu'elle ne gêne quasiment pas l'écoulement dans la veine d'admission. Grâce au rattrapage hydraulique du jeu des soupapes, le dérèglement de celui-ci est exclu. D'où une fiabilité durable et, de plus, des frais d'entretien réduits.

### **Le haut moteur garde toujours son «sang froid».**

Par rapport à des systèmes conventionnels, le principe du refroidissement à flux transversal adopté pour le nouveau V8 minimise sensiblement les pertes de pression dans le circuit de refroidissement. Il répartit la température de manière homogène dans la culasse et abaisse ainsi les températures maximales dans les zones critiques de celle-ci. Pour refroidir chaque cylindre par une quantité de liquide optimale s'écoulant autour de lui, le liquide de refroidissement passe du carter moteur au côté échappement, puis traverse la culasse et la rampe collectrice du côté admission, avant d'être amené au thermostat, voire au radiateur.

### **Double VANOS – à basse et non pas à haute pression.**

Lors de la conception du moteur, l'augmentation de la puissance grâce à un cycle de charge optimal en présence de régimes élevés a retenu toute l'attention des ingénieurs d'étude. En effet, la réduction des pertes par pompage n'augmente pas seulement la puissance, mais améliore aussi la courbe de couple, optimise la réponse et réduit la consommation et les émissions. Ces qualités correspondent aux tâches fixées au calage variable des arbres à cames, double VANOS. Ce système avait fêté sa première mondiale dès 1995 sur la BMW M3.

Grâce à ses réglages ultrarapides, le système double VANOS perfectionnera désormais aussi les échanges gazeux sur le huit cylindres destiné à la nouvelle BMW M3. Par exemple, il augmente le croisement des soupapes dans la plage de charge partielle et des régimes inférieurs et, partant, améliore le recyclage interne des gaz d'échappement. Les pertes par pompage et la consommation de carburant s'en trouvent réduites.

La position de l'accélérateur et le régime moteur déterminent la puissance demandée au moteur. Piloté par cartographie, le système double VANOS adapte le calage des arbres à cames en continu à ces deux paramètres. A la différence du dix cylindres animant la BMW M5 et la BMW M6, le pignon de chaîne n'est pas relié au vilebrequin par une chaîne simple, mais par une chaîne double. Et il n'est pas relié à l'arbre à cames par un engrenage à denture hélicoïdale, mais par un rotor pivotant. Avantage : contrairement au V10 doté du VANOS haute pression, le double VANOS M basse pression mis au point pour le huit cylindres se contente de la pression de l'huile moteur pour alimenter le rotor pivotant. Même sans circuit haute pression séparé, il est ainsi possible de produire un mouvement de rotation relatif entre les arbres à cames et le pignon de chaîne et ce, à une vitesse et une précision maximales. Le calage de l'arbre à cames d'admission peut varier entre 0 et 58 degrés d'angle de vilebrequin et celui de l'arbre à cames d'échappement entre 0 et 48 degrés d'angle de vilebrequin au maximum. La vitesse de calage maximale est de 360 degrés d'angle de vilebrequin par seconde. Le calage basse pression garantit donc des réglages ultrarapides et, par là – en synchronisation avec le point d'allumage et le débit d'injection – l'angle de calage optimal, en fonction de la charge et du régime moteur.

### **Alimentation en huile fiable même sous conduite hyperdynamique.**

Le dynamisme élevé de la BMW M3 requiert une alimentation en huile sophistiquée pour le moteur. Elle est conçue pour des accélérations longitudinales et transversales pouvant atteindre 1,4 fois l'accélération normale de la Terre. Soit des forces supérieures à celles agissant sur le corps des passagers au décollage et à l'atterrissage d'un avion à réaction.

Quelle que soit la situation de conduite, deux pompes à ailettes et tiroirs pilotées à débit volumétrique alimentent le huit cylindres en huile de graissage. A chaque instant, elles refoulent exactement la quantité d'huile requise par le moteur. Pour cela, le rotor intérieur de la pompe est à excentricité variable par rapport au carter de pompe, l'excentricité variant en fonction de la pression d'huile régnant dans le conduit d'huile principal.

Vu les efforts physiques agissant dans des situations dynamiques extrêmes, il se pourrait par exemple en cas de freinages particulièrement violents que l'huile ne retourne pas en quantité suffisante dans le carter d'huile qui fait office de réservoir intermédiaire, d'autant plus que celui-ci est disposé en arrière du porte-essieu avant pour des raisons d'encombrement. Dans le cas le plus défavorable, la lubrification pourrait s'en trouver interrompue. Le «graissage à carter humide à dynamique optimisée» s'y oppose. Le système comprend deux carters d'huile : un petit logé en avant du porte-

essieu avant et un grand disposé en arrière du porte-essieu. En toutes circonstances, une pompe séparée aspire l'huile du petit carter avant pour l'amener dans le grand carter arrière. Celui-ci est soigneusement protégé pour éviter toute perte par barbotage ou moussage.

Le nouveau huit cylindres est muni d'une jauge d'huile électronique. Celle-ci détermine le niveau par le biais d'un capteur monté dans le carter d'huile. Un bus de données sériel transmet les valeurs relevées à la gestion moteur qui les évalue à l'aide de différents algorithmes. La valeur corrigée de l'accélération longitudinale et transversale est affichée sur le combiné d'instruments pour information du conducteur.

### **Huit papillons des gaz individuels à pilotage électronique.**

Dans la course, il est de règle, dans la construction d'automobiles de série, il est plutôt rare : le papillon des gaz individuel pour chaque cylindre. Ce système mécanique très complexe est inégalé pour assurer des réactions très spontanées au moteur. Et c'est là justement ce qui compte sur les automobiles BMW M.

Très proche de la course automobile, le moteur destiné à la BMW M3 dispose de huit papillons des gaz individuels. Les quatre papillons de chaque rangée de cylindres sont desservis par leur propre servomoteur. La commande des papillons est électronique. A cet effet, deux générateurs Hall sans contact saisissent et analysent la position de l'accélérateur 200 fois par seconde. La gestion moteur enregistre toute variation et déclenche alors le réglage des huit papillons des gaz, via les deux servomoteurs. Il s'agit là d'une opération ultrarapide : 120 millisecondes suffisent pour ouvrir les papillons au maximum – soit environ le temps qu'il faut à un conducteur averti pour écraser l'accélérateur. Résultat : d'une part, le moteur répond finement à l'appel de puissance à bas régimes, d'autre part, la voiture réagit immédiatement lorsque le conducteur demande beaucoup de puissance.

### **Ligne d'admission d'air à écoulement optimisé.**

Pour garantir un comportement dynamique spontané du moteur, il faut que le volume d'air soit très petit du côté admission du papillon. S'y opposent cependant les sections d'admission importantes et le volume important des collecteurs d'air, nécessaires à un moteur de hautes performances. Afin de concilier les deux exigences, les papillons sont placés à proximité directe des soupapes d'admission dans les tubulures d'admission.

La ligne d'admission d'air du nouveau huit cylindres peut se passer du capteur d'un débitmètre d'air massique à film chaud (HFM). Au lieu de saisir la charge grâce à ce capteur complexe qui présente de plus des inconvénients géométrique pour la veine d'air, la gestion moteur reprend cette fonction :

pour ce faire, elle s'appuie sur un modèle pour calculer la charge à partir de la position des papillons et de l'actuateur du ralenti, de la position du VANOS, du régime moteur, de la température et de la pression de l'air. Les ingénieurs disposent ainsi de nouveaux degrés de liberté pour concevoir et optimiser l'admission de l'air au moteur. En même temps, ce type de gestion assure une fiabilité maximale.

La longueur et le diamètre des huit trompes d'admission favorisent également l'effet de suralimentation optimal par résonance. Comme le grand collecteur d'air monobloc, les trompes sont en un matériau composite léger comportant 30 pour cent de fibres de verre. La cartouche du filtre à air dans le collecteur exploite la surface filtrante au maximum. Le collecteur d'air est alimenté par un silencieux d'admission grand volume présentant trois prises d'air.

### **Ligne d'échappement innovante.**

La conception de la ligne d'échappement optimise à son tour les échanges gazeux. Pour atteindre une courbe de puissance et de couple idéale, les ingénieurs ont veillé à réduire au maximum la contre-pression des gaz d'échappement. C'est pourquoi ils ont réalisé une ligne d'échappement du type biflux jusqu'aux silencieux arrière. Ils ont aussi prêté une grande attention à une construction légère rigoureuse. Pour atteindre ces objectifs de développement ainsi que d'autres, toutes les cotes du collecteur, de la ligne d'échappement ainsi que de tous les éléments de montage et de fixation ont été calculées à l'aide du logiciel C.A.O. CATIA. Les données 3D ainsi obtenues sont utilisées à tous les niveaux, y compris dans la production et l'assurance qualité.

### **Innover avec pression : des tuyaux ultraminces.**

La force d'innovation particulière des motoristes de la société BMW M GmbH se manifeste aussi dans les techniques de fabrication utilisées. L'hydroformage est un procédé qui a été mis en œuvre pour la première fois au monde en 1992, sur la BMW M3 de l'époque, et sans cesse perfectionné depuis. Avec ce procédé, les tuyaux d'échappement sont mis en forme sans soudure, sous l'action d'une pression intérieure pouvant atteindre 800 bars. Leurs parois présentent alors une épaisseur extrêmement fine comprise entre 0,65 et 1,0 millimètre. Le poids de la ligne d'échappement s'en trouve optimisé tout autant que la réponse des pots catalytiques. En même temps, l'hydroformage permet des formes qui n'étaient jusqu'ici pas réalisables ainsi que des tolérances géométriques encore plus avantageuses. Tous les tuyaux primaires et secondaires étant réalisés d'une pièce malgré leur forme complexe, de nombreux raccords et cordons de soudure sont supprimés. Il n'y a pas non plus de variations de section dues à des plis ou à des coudes affaiblis. Résultat : les sections maximales des tuyaux sont exploitées, ce qui minimise les résistances à l'écoulement.

### **Un modèle de propreté et de sonorité sportive.**

En règle générale, les collecteurs d'échappement en éventail sont réservés aux moteurs de course. Pour le V8, les deux collecteurs en éventail du type 4 dans 1 réalisés en acier spécial ont été optimisés à l'aide de calculs extrêmement complexes pour leur conférer des tuyaux de longueur absolument identique. La dynamique des gaz du système est ainsi exploitée au maximum. Deux pots catalytiques – un par branche d'échappement – sont placés tout près du moteur. Ces pots catalytiques primaires atteignent rapidement leur température de service, les parois ultraminces des collecteurs d'échappement limitant fortement l'inertie thermique du matériau. Ils sont donc très vite opérationnels après un démarrage à froid. Par ailleurs, ils se distinguent par une faible perte de pression et une tenue mécanique élevée. Deux autres pots catalytiques à revêtement trimétallique sont logés sous la voiture. De concert, les quatre pots catalytiques dépolluent les gaz d'échappement avec une très grande efficacité. Le nouveau V8 répond aux dispositions stipulées par les normes antipollution européenne Euro 4 et américaine LEV 2.

Les émissions acoustiques sont également exemplaires : outre les deux silencieux centraux, c'est avant tout le silencieux arrière monobloc disposé transversalement qui contribue à réduire le niveau sonore grâce à son volume important de 35 litres. Pourtant, le nouveau V8 enchante l'oreille par une musique exceptionnelle : lui aussi se distingue par une sonorité rauque et sportive typée M qui garde toutefois son propre caractère.

### **Efficacité et dynamisme accrus grâce à la fonction Brake Energy Regeneration.**

Le nouveau V8 destiné à la BMW M3 fait lui aussi appel à la récupération de l'énergie libérée au freinage (Brake Energy Regeneration) pour augmenter son efficacité. Cette fonction permet de concentrer la production d'énergie électrique pour le réseau de bord sur les phases de décélération et de freinage du moteur. Cette gestion des énergies asservie à la situation de conduite est assurée par la régulation intelligente du générateur. Dans la circulation quotidienne, la fonction Brake Energy Regeneration présente deux avantages. D'une part, la gestion ciblée de la production d'énergie électrique se traduit par une réduction de la consommation. D'autre part, le conducteur bénéficie directement du découplage du générateur dans les phases de fonctionnement sous charge. La production d'énergie électrique étant interrompue pendant les phases d'accélération, il dispose d'un surplus de puissance à l'accélération – à la baisse de la consommation s'ajoute ainsi l'amplification de la joie au volant.

La gestion ciblée de la production de courant faisant augmenter le nombre des cycles de charge de la batterie, la fonction Brake Energy Regeneration est combinée avec des batteries modernes du type AGM (Absorbent Glass Mat, à nappe de verre absorbante). Celles-ci sont nettement plus résistantes que les batteries plomb/acide conventionnelles. Sur les batteries AGM, l'acide est absorbé par des nappes de microfibres de verre intercalées entre les plaques de plomb. Elles gardent leur capacité d'accumuler l'énergie même lorsqu'elles sont souvent chargées et déchargées.

### **Encore plus performante : la nouvelle gestion moteur électronique.**

Les excellentes performances et la dépollution parfaite des gaz d'échappement reposent sur la gestion du type MSS60. Il s'agit d'une évolution de la gestion moteur mise en œuvre sur le V10 de BMW M GmbH. Si celle-ci est composée de plus de 1000 pièces et peut se vanter d'une densité de montage inégalée par la concurrence, la MSS60 comprend encore plus de pièces.

La gestion MSS60 coordonne idéalement toutes les fonctions du moteur avec celles gérées par les différents boîtiers électroniques de la voiture. Ses trois processeurs 32 bits sont capables de traiter plus de 200 millions d'opérations par seconde. Ainsi par exemple, elle analyse plus de 50 signaux d'entrée pour déterminer le point d'allumage optimal, le remplissage idéal, le débit et le moment d'injection pour chaque temps moteur et pour chaque cylindre. Simultanément, elle calcule et gère le calage optimal des arbres à cames ainsi que la position correspondante des huit papillons des gaz.

La commande du régulateur électronique des papillons des gaz repose sur une structure basée sur le couple, ce qui signifie que le souhait du conducteur, relevé grâce à un potentiomètre implanté sur l'accélérateur, est traduit en un couple optimal correspondant à ce souhait. Le «gestionnaire des couples» corrige celui-ci des couples requis par les organes secondaires, tels que le compresseur de la climatisation ou l'alternateur. Des fonctions comme la régulation du ralenti, la dépollution des gaz d'échappement et la régulation anticliquetis sont également coordonnées et ajustées aux couples maxi. ou mini. requis par le contrôle dynamique de la stabilité (DSC) et le régulateur du couple résistant (MSR). Le couple théorique ainsi calculé est alors réglé en tenant compte de l'angle d'avance momentané.

### **D'importantes fonctions accessoires attribuées à la gestion moteur.**

Or, la MSS60 est plus qu'une gestion moteur au sens strict du terme. Le matériel, le logiciel et le principe de fonctionnement étant des développements signés BMW M, elle soutient aussi de nombreuses fonctions spécifiques M relatives à l'embrayage, à la boîte de vitesses, à la direction et aux freins.

Ainsi, le conducteur de la nouvelle BMW M3 aura lui aussi la possibilité d'activer un programme plus sportif en donnant une impulsion sur le bouton dit de puissance, logé sur le cache entourant le sélecteur. Ce programme sport utilise une courbe caractéristique plus progressive quant au diagramme course de l'accélérateur/ouverture des papillons et fait passer les fonctions transitoires dynamiques de la gestion moteur électronique à une réaction plus spontanée. Chaque fois que le moteur est lancé après un arrêt, c'est la caractéristique axée sur le confort qui est automatiquement activée. La commutation entre les deux programmes sport et confort peut être configurée et appelée grâce à la fonction MDrive. Cette dernière permet d'appeler en plus un troisième programme à vocation ultrasportive.

Enfin, la gestion moteur assume les tâches complexes du diagnostic embarqué (OBD) comprenant diverses routines de diagnostic pour l'atelier, ainsi que d'autres fonctions et la commande de divers périphériques.

### **Raffinement de la gestion moteur : la technologie du courant ionique.**

La technologie du courant ionique – destinée à identifier le cliquetis ainsi que des ratés de l'allumage et de la combustion – est un raffinement particulier de la gestion moteur électronique. Cette innovation BMW a été inaugurée en série sur le V10 animant la BMW M5. Sa toute dernière évolution renonce au satellite de mesure du courant ionique ; sa fonction a été intégrée à la bobine d'allumage.

Par cliquetis, on entend l'inflammation intempestive du carburant dans un cylindre. Les moteurs sans régulateur anticliquetis ont un taux de compression plus bas, et leur point d'allumage est décalé quelque peu dans le sens du retard, parce que tout dépassement de la limite du cliquetis pourrait endommager le moteur. Or, cette «marge de sécurité» par rapport à la limite du cliquetis coûte cher en carburant, en puissance et en couple. En revanche, le régulateur anticliquetis actif réalise le point d'allumage optimal et protège le moteur contre l'endommagement. Cette conception assure le meilleur rendement du moteur.

Dans une solution conventionnelle, des capteurs de son fixés à l'extérieur des cylindres détectent le cliquetis. Or, plus le régime moteur est élevé et le nombre des cylindres grand, et plus la fiabilité avec laquelle ces capteurs détectent le cliquetis diminue. Sur un moteur tournant à haut régime comme ce V8, la précision de l'analyse est cependant indispensable pour optimiser la qualité de la combustion dans les cylindres et, par là, la durée de vie des composants du moteur et les émissions. C'est pourquoi la technologie du courant ionique intervient directement au cœur de l'action – dans la chambre de combustion.

Elle profite d'un phénomène physique dû aux températures régnant dans la chambre de combustion qui peuvent atteindre 2 500 degrés lors de la combustion. Ces températures élevées ainsi que les réactions chimiques se déroulant lors de la combustion entraînent en effet une ionisation partielle du mélange air/carburant se trouvant dans la chambre de combustion. C'est surtout dans le front de flammes que la production d'ions par séparation ou dépôt d'électrons (ionisation) rend le gaz conducteur.

A l'aide de l'électrode de la bougie d'allumage – électriquement isolée de la culasse et reliée avec un boîtier d'analyse électronique dépendant de la gestion moteur et logé dans la bobine – à laquelle on applique une tension continue, on mesure alors le courant dit ionique entre les électrodes. Son intensité dépend du taux d'ionisation du gaz entre les électrodes.

La mesure du courant ionique permet donc de relever des informations sur la combustion directement au cœur de l'action. L'électronique intégrée dans chaque bobine reçoit le signal émis par la bougie de l'un des huit cylindres. Il l'amplifie et l'envoie à la gestion moteur qui l'analyse pour intervenir, le cas échéant, cylindre par cylindre. Ainsi par exemple, via le régulateur anticliquetis, elle adapte de façon idéale le point d'allumage dans chaque cylindre à la combustion en cours.

Grâce à un circuit semi-conducteur d'un nouveau type pour la production de la tension de mesure ainsi que l'amplification variable et la reproduction des signaux, les ingénieurs de BMW M ont fait avancer la technologie du courant ionique d'un pas important. Sur la nouvelle BMW M3, ce circuit est pour la première fois intégré directement dans la bobine, avec l'étage d'allumage final. Il est ainsi possible de capter encore mieux le signal sur le courant ionique, au cœur même de l'action, de l'amplifier et de le définir de manière encore plus précise.

### **Des fonctions supplémentaires de contrôle pour la bougie.**

Cette technologie permet donc de capter, dans chaque cylindre, tout cliquetis éventuel et de le supprimer. En même temps, elle contrôle l'allumage correct et reconnaît d'éventuels ratés. Elle s'appuie pour cela sur les bougies. Ces dernières servent ainsi à la fois d'actuateur pour l'allumage et de capteur surveillant la combustion. Elles savent ainsi distinguer entre ratés de combustion et ratés d'allumage. Cette double fonctionnalité des bougies facilite aussi le diagnostic pour les travaux d'entretien et de révision.

## Caractéristiques techniques.

<b>Feature/entity</b>	<b>2<sup>nd</sup> engine of the M engine family</b>	
Fuel	Otto RON 98 (95)	
Max output	hp (kW)	420 (309)
at	min <sup>-1</sup>	8,300
Max torque	Nm	400
at	min <sup>-1</sup>	3,900
Max engine speed	min <sup>-1</sup>	8,400
Stroke	mm	75.2
Bore	mm	92.0
Displacement	cm <sup>3</sup>	3,999
Distance between cylinders	mm	98
Cylinder arrangement	8-cylinder V-engine	
Valve plate diameter, intake	mm	35.0
Valve plate diameter, outlet	mm	30.5
Compression ratio	12.0	
Fuel injection	Intake pipe fuel injection	
Fuel injection pressure	bar	3–6
Average combustion chamber pressure	bar	12.6
Maximum combustion chamber pressure	bar	100
Engine weight to BMW standard	kg	202
Output per litre	hp/L	105
Power-to-weight ratio	kg/kW	0.65
Crankcase	Aluminium	
Valvetrain	Infinite camshaft adjustment and hydraulic valve clearance adjustment for intake and outlet (double VANOS)	

# Caractéristiques de puissance et de couple.

