

Journées de l'innovation 2014: Efficient Dynamics. Table des matières.



1 La stratégie Efficient Dynamics : véhicule efficace, système d'entraînement dynamique et gestion intelligente des flux d'énergie.	2
2 Transfert de technologies de BMW i à la marque principale BMW : la technologie hybride rechargeable de la BMW i8, base des futurs modèles BMW à système d'entraînement eDrive.	5
3 Le système d'entraînement anticipatif : des modèles BMW anticipant le tracé de la route et la situation routière.	10
4 Construction légère intelligente et aérodynamique raffinée : les facteurs de base pour une voiture efficace en tous points.	14
5 Technologie d'éclairage innovante : la technologie unique au monde de la lumière laser.	20

1 La stratégie Efficient Dynamics : véhicule efficace, système d'entraînement dynamique et gestion intelligente des flux d'énergie.



Tout a commencé par une vision : pour conforter à long terme l'avance de ses automobiles face à ses concurrentes, BMW Group jetait les bases, il y a 15 ans déjà, d'une philosophie d'entreprise porteuse d'avenir qui, depuis 2007, se reflète dans la stratégie de développement Efficient Dynamics. Depuis lors, les ingénieurs d'étude de BMW cherchent avec chaque nouveau modèle à réaliser une automobile globalement efficace, équipée d'un système d'entraînement dynamique et d'une gestion intelligente des flux d'énergie. Grâce à cette démarche rigoureuse, Efficient Dynamics est sans égal dans l'environnement concurrentiel. Elle a permis à Efficient Dynamics de contribuer de manière déterminante à ce que l'indice « Dow Jones Sustainability Index » considère depuis huit ans que BMW Group est, parmi les constructeurs automobiles, le leader mondial en matière de développement durable. Tout véhicule de BMW Group étant aujourd'hui développé dans le respect des bases stratégiques d'Efficient Dynamics, cette philosophie est sortie depuis un bon moment déjà du stade de la vision pour devenir une réalité tangible.

Dynamisme en hausse, CO₂ en baisse – de série sur tous les modèles.

En matière de réduction de la consommation, les automobiles des marques BMW et MINI constituent, à l'échelle mondiale, la référence dans le segment premium. Aucun autre constructeur n'a fait baisser les émissions de CO₂ de ses véhicules plus rapidement et plus fortement que BMW Group. Entre 1995 et 2008, la consommation de la flotte européenne a baissé de 25 pour cent au bas mot ; pour la période allant de 2008 à 2020, BMW Group vise une nouvelle réduction de 25 pour cent au niveau mondial. En février 2014, les gammes de modèles BMW et MINI comprennent déjà 39 modèles rejetant au maximum 120 grammes de CO₂ par kilomètre. Plus de 100 modèles de BMW Group respectent les limites d'émissions plus strictes fixées par la norme antipollution Euro 6 plus de six mois avant qu'elle n'entre en vigueur en septembre 2014.

BMW EfficientDynamics aujourd'hui et demain.

Pour répondre, aujourd'hui comme demain et de manière pertinente, aux défis modernes lancés par la mutation des besoins en matière de mobilité en tenant compte des exigences formulées et par les clients et par le législateur, BMW a opté délibérément pour une gamme de produits à la fois très large et

très flexible. La croissance dynamique des mégapoles d'un côté et la raréfaction des ressources naturelles et les normes légales de plus en plus sévères de l'autre, exigent des concepts innovants.

Technologie moteur : parfaitement armé pour affronter avenir.

Les ingénieurs d'étude de BMW Group planchent sur des concepts de mobilité et d'entraînement taillés sur mesure et tenant compte des exigences actuelles et futures. À l'avenir, BMW Group proposera tant des automobiles ultraefficaces animées par des moteurs thermiques évolutionnaires que des véhicules révolutionnaires à entraînement tout électrique destinés aux mégapoles ou encore des hybrides rechargeables peu polluants se prêtant aux voyages au long cours. Sur le long terme, BMW Group mise aussi sur la pile à combustible faisant appel à l'hydrogène comme source d'énergie pour assurer aussi aux véhicules dépassant un certain gabarit une autonomie élevée sans émissions, avec des durées de ravitaillement très brèves. Avec la stratégie de développement Efficient Dynamics, BMW Group est bien armé pour se conformer aux normes européennes et américaines ambitieuses qui entreront en vigueur respectivement en 2020 et en 2025.

Construction légère, aérodynamique, gestion des flux d'énergie.

Outre les technologies moteur innovantes, la construction légère intelligente et l'optimisation de l'aérodynamique d'une part et le développement de systèmes de gestion intelligente des flux d'énergie de l'autre constituent des piliers complémentaires de la stratégie Efficient Dynamics. Les spécialistes du Centre d'essais aérodynamiques interne, le plus moderne du secteur automobile, développent des concepts aérodynamiques optimisés systématiquement, jusque dans le moindre détail. En même temps, les modèles BMW i sont les premières automobiles construites en grande série du monde à faire appel au PRFC (plastique renforcé par fibres de carbone). Un centre de gravité abaissé, des composants concentrés vers le centre du véhicule pour plus de compacité, une répartition équilibrée des charges sur essieux à raison de 50/50, un poids total réduit et des qualités aérodynamiques idéales favorisent la sportivité des modèles de BMW Group.

Le plaisir de conduire au 21^e siècle.

Reposant sur des concepts automobiles révolutionnaires, les modèles de la marque sœur BMW i soulignent la force d'innovation de BMW Group : ils sont les fers de lance de la stratégie Efficient Dynamics. Première voiture tout électrique de la marque BMW, la BMW i3 est disponible sur le marché depuis fin 2013. L'architecture LifeDrive se caractérisant par un habitacle en PRFC et un module en aluminium comprenant le moteur, l'accumulateur d'énergie et les liaisons au sol, la pompe à chaleur pour le chauffage de l'habitacle et le gestionnaire de l'énergie visant une efficacité maximale avec mode de

conduite ECO PRO, fonction de roulage en roue libre et Assistant d'anticipation, sont autant d'exemples impressionnants illustrant l'interaction parfaite de technologies innovantes.

Avec la voiture de sport BMW i8, disponible dès le printemps 2014, le lancement commercial du premier hybride rechargeable signé BMW Group est imminent. Cette voiture est l'incarnation la plus pure de l'approche Efficient Dynamics connue à ce jour. Ce modèle concrétise, d'une manière rigoureuse et plus profonde que jamais, les principes fondamentaux de la stratégie de développement. Résultat : la 2 + 2 places, un poids plume optimisé aérodynamiquement et parfaitement équilibré, fait rimer les performances d'une sportive pur sang avec les consommations d'une citadine et réalise ainsi le grand écart entre dynamisme et efficacité, plaisir de conduire et utilisation parcimonieuse des ressources naturelles. La BMW i8 symbolise le plaisir de conduire au 21^e siècle.

Transfert de technologies porteur d'avenir: de la BMW i8 à la BMW X5 eDrive.

L'hybride rechargeable équipant la BMW i8 associe un moteur électrique compact à un trois cylindres essence issu de la nouvelle famille de moteurs Efficient Dynamics bénéficiant d'une suralimentation poussée selon la technologie TwinPower Turbo. La marque sœur BMW i a ainsi jeté les bases pour un transfert technologique vers la marque principale BMW. La technologie hybride rechargeable peut, par exemple, être utilisée dans une future BMW X5 eDrive, associant pour la première fois un quatre cylindres essence à technologie TwinPower Turbo et le système hybride rechargeable avec la transmission intégrale intelligente BMW xDrive.

Journées de l'innovation Efficient Dynamics 2014.

Les Journées de l'innovation Efficient Dynamics 2014 offrent la toute première occasion de prendre le volant du prototype hybride rechargeable qu'est la BMW X5 eDrive ainsi que de la BMW Série 5 Berline, dotés tous deux de la toute dernière génération du système d'entraînement anticipatif. En outre, BMW fera le point sur ses concepts techniques du futur dans les domaines de développement que sont la construction légère, l'aérodynamique et la gestion thermique.

2 Transfert de technologies de BMW i à la marque principale BMW : la technologie hybride rechargeable de la BMW i8, base des futurs modèles BMW à système d'entraînement eDrive.



La technologie moteur de BMW Group constitue depuis toujours un des piliers de la stratégie BMW EfficientDynamics. Qu'il s'agisse de l'amélioration permanente des moteurs thermiques conventionnels ou de nouvelles formules d'entraînement alternatives, BMW a toujours réussi à sensiblement renforcer et le plaisir de conduire et l'efficacité de chaque nouveau modèle, tout en réduisant les émissions de CO₂ de manière substantielle. Un pari gagné grâce aux moteurs essence et diesel à technologie TwinPower Turbo soumis à un perfectionnement évolutionnaire et aux nouveaux systèmes d'entraînement électrifiés (BMW eDrive), développés par la marque sœur BMW i, systèmes qui, à l'avenir, permettront aussi aux modèles de la marque BMW d'afficher des émissions sensiblement réduites.

Développés par BMW Group, tous les composants BMW eDrive sont mis en œuvre de manière ciblée en fonction du concept d'entraînement. Prenons comme exemples actuels la BMW i3 tout électrique ainsi que la BMW i8 à hybride rechargeable qui – démonstrateur technologique et fer de lance de Efficient Dynamics – a redéfini la donne avant même sa mise en série. C'est pourquoi la technologie moteur révolutionnaire dont se targue la BMW i8 sera aussi, à l'avenir, transposée aux automobiles de la marque principale BMW.

Le système d'entraînement électrique de demain : BMW eDrive.

L'électrification de la chaîne cinématique joue un rôle central dans les efforts déployés pour parvenir à une mobilité localement exempte de CO₂. BMW eDrive regroupe tous les concepts d'entraînement permettant une conduite sans émissions locales. Pour les composants clés que sont le moteur électrique, l'accumulateur d'énergie haute tension et l'électronique de puissance, BMW Group mise rigoureusement sur des systèmes développés en interne. Il assure ainsi que les composants sont adaptés exactement aux exigences de la voiture en question afin d'optimiser la performance, l'autonomie et l'efficacité, mais aussi la durée de vie, la sécurité et les aptitudes à l'entretien des composants.

Les moteurs électriques sont extrêmement efficaces ; ils fonctionnent en effet avec un rendement pouvant atteindre 96 pour cent, ce qui est hors de portée des moteurs à combustion interne. En outre, leur réactivité et leur couple généreux disponible quasiment dès le démarrage conviennent à merveille au caractère dynamique des modèles BMW.

L'hybride rechargeable équipant la BMW i8 associe les avantages de la propulsion électrique à ceux d'un moteur thermique à suralimentation poussée: affichant une puissance cumulée de 266 kW (362 ch) et un couple maximal de 570 Nm, abattant le zéro à 100 km/h en 4,4 secondes et se contentant en cycle de conduite européen de 2,1 litres de carburant aux 100 km pour des émissions de CO₂ de 49 grammes par kilomètre, la voiture de sport hybride rechargeable prouve que hausse des performances et baisse de la consommation ne s'excluent nullement.

Grâce à sa fonction boost, la machine électrique soutient le moteur à essence lors des accélérations. La fonction peut aussi être mise à profit pour la conduite en tout électrique à une vitesse maximale de 120 km/h et sur une distance pouvant atteindre 35 kilomètres. L'énergie nécessaire est fournie par l'accumulateur lithium-ion haute tension. La BMW i8 offre l'équilibre optimal entre dynamisme et efficacité dans les situations de conduite les plus diverses. En décélération, le moteur électrique permet ainsi de récupérer de l'énergie qui est alors injectée dans la batterie haute tension. Celle-ci est aussi rechargée via le moteur électrique dans les phases de faible sollicitation. Le démarreur haute tension qui lance le moteur thermique fait aussi office de générateur alimentant la batterie haute tension en courant électrique.

Les systèmes hybrides rechargeables autorisent un fonctionnement efficace, que ce soit sur de courtes ou de longues distances ou encore lors d'une utilisation mixte. La gestion moteur intelligente assure, à tout moment, une interaction parfaite entre les deux moteurs. La coopération entre les moteurs thermique et électrique est gérée en fonction de la situation donnée et de la charge demandée, pour mettre en avant un comportement typé sport ou bien permettre au système d'ensemble de fonctionner avec une efficacité énergétique maximale. À cet effet, le conducteur a le choix entre différents modes lui permettant d'adopter une conduite résolument dynamique ou bien une conduite confortable ou économique.

La technologie BMW i, booster de la marque principale BMW.

L'électrification de la chaîne cinématique ouvre aussi un énorme potentiel de réduction de la consommation et des émissions sur de grosses automobiles lourdes, sans pour autant affecter les performances et le dynamisme. Au contraire: la fonction boost du moteur électrique, qui sert d'appoint au moteur thermique en fournissant un couple supplémentaire lors des accélérations et autres reprises, accentue encore et de manière notable les sensations de conduite sportive. Dans l'esprit de la stratégie Efficient Dynamics, il est prévu, à moyen terme, de déployer le concept d'entraînement ultramoderne de la BMW i8 sur les automobiles de la marque principale BMW.

Hybride rechargeable : les perspectives pour la BMW X5.

Avec la BMW Concept X5 eDrive dévoilée en septembre 2013 au Salon de l'Automobile de Francfort, BMW Group a présenté une nouvelle piste permettant d'augmenter l'efficacité des automobiles du segment des SAV. Pour la première fois, le public a pu découvrir un Sports Activity Vehicle associant la transmission intégrale intelligente BMW xDrive et un système hybride rechargeable innovant conçu par BMW. Dans cette configuration, la BMW X5 eDrive n'est pas seulement synonyme de sportivité typiquement BMW, mais aussi d'efficacité et de respect de l'environnement. Ainsi, la fonction boost offerte par le moteur électrique permet à ce SAV d'accélérer avec fougue et de s'acquitter du zéro à 100 km/h en moins de 7 secondes, si besoin est. La consommation moyenne visée, soit environ 3,8 litres aux 100 kilomètres selon le cycle de conduite européen, et les émissions de CO₂ de 90 grammes par kilomètre redéfinissent la donne dans cette catégorie automobile. S'y ajoute la capacité de parcourir jusqu'à 30 kilomètres en tout électrique et, donc, sans la moindre émission locale.

La technologie BMW eDrive et la transmission intégrale intelligente BMW xDrive coopérant à merveille, le couple moteur généré par la machine électrique, par le quatre cylindres essence ou par les deux sources d'énergie en même temps est réparti de manière automatique et variable sur les essieux avant et arrière. Quelles que soient les conditions rencontrées, le conducteur peut ainsi compter sur une traction infaillible, une stabilité dynamique idéale ainsi qu'un maximum d'agilité et de dynamisme. L'agrément de conduite luxueux ainsi que les aptitudes au quotidien et aux voyages au long cours distinguant la BMW X5 restent, quant à eux, préservés.

Alors que la BMW i8 inaugure le premier trois cylindres suralimenté de BMW Group, la future BMW X5 eDrive fait appel à un quatre cylindres essence ultramoderne. Les deux motorisations sont des représentantes de la nouvelle gamme de moteurs Efficient Dynamics à technologie BMW TwinPower Turbo. BMW Group s'est fixé l'objectif de proposer une solution d'électromobilité taillée sur mesure pour chaque série de modèles.

Les moteurs à essence et diesel à technologie TwinPower Turbo de la nouvelle génération.

S'agissant d'une technologie moteur d'avenir, BMW Group poursuit avec rigueur l'électrification de ses automobiles, mais considère pourtant que les systèmes de propulsion classiques renferment toujours un grand potentiel. C'est pourquoi les moteurs thermiques sont soumis à un perfectionnement systématique et endosseront à l'avenir, entre autres, le rôle de composant de base pour les systèmes hybrides signés BMW.

Aujourd'hui, BMW Group franchit la prochaine étape avec des moteurs essence et diesel évolués. La nouvelle gamme de moteurs Efficient Dynamics comprend des trois cylindres, des quatre cylindres et des six cylindres et est le fruit d'un processus de développement rigoureux. En augmentant la part des composants en aluminium et en mettant en œuvre du magnésium encore plus léger, BMW Group a aussi réalisé une nette réduction du poids moyen de ses nouveaux moteurs. En outre, la gestion thermique et l'acoustique ont été améliorées. La version la plus récente de la technologie TwinPower Turbo maintes fois primée constitue le trait caractéristique essentiel de tous ces moteurs.

Le premier représentant de cette nouvelle génération de moteurs est un trois cylindres essence de 1,5 litre de cylindrée inauguré sur la BMW i8. Ce moteur compact à suralimentation poussée séduit par un dynamisme et une efficacité remarquables, ainsi que par une grande facilité à monter dans les tours, une réponse spontanée et une sonorité à la fois très sportive et dynamique. Mais lors de la Journée de l'innovation 2014, BMW Group présentera aussi les premiers quatre cylindres de la nouvelle famille de moteurs. Les moteurs de 2,0 litres à technologie TwinPower Turbo seront lancés sur le marché au cours du premier semestre 2014 en version essence et diesel.

En forme pour affronter l'avenir : la technologie TwinPower Turbo.

Avec la technologie TwinPower Turbo, BMW Group dispose depuis des années déjà d'un concept de haute technologie tourné vers l'avenir bénéficiant aussi à la nouvelle gamme de moteurs. Le terme « TwinPower » se réfère à l'association d'une gestion variable de la charge d'un côté et d'une technologie d'injection ultramoderne de l'autre. Parmi ses éléments techniques variables, citons le calage variable des arbres à cames VANOS, respectivement double VANOS, la distribution variable VALVETRONIC et/ou la turbine à géométrie variable des turbocompresseurs diesel. S'y ajoute l'injection directe essence de type High Precision Injection, respectivement l'injection directe à rampe commune des moteurs à allumage par compression. La suralimentation par turbocompresseur constitue le troisième volet de ce concept technologique de pointe. Les moteurs essence se caractérisent notamment par le système de gestion de la charge VALVETRONIC qui évite tout étranglement, système par lequel la technologie BMW TwinPower Turbo se démarque des concepts concurrents, y compris sur le plan de l'efficacité.

Une gamme complète : trois cylindres, quatre cylindres et six cylindres.

Tous les moteurs de la nouvelle gamme se distinguent par une architecture identique avec une disposition en ligne des cylindres. Le bloc moteur repose

sur des modules de cylindre optimisés, d'une cylindrée unitaire de 500 cm³, qui sont le nec plus ultra pour une voiture particulière. Le nouveau trois cylindres offre par conséquent une cylindrée de 1,5 litre, le quatre cylindre une cylindrée de 2,0 litres et le six cylindres une cylindrée de 3,0 litres. La conception des moteurs fonctionnant selon le même type de combustion présentant plusieurs points communs, la part des composants identiques peut atteindre 60 pour cent sur ces moteurs, alors que la concordance entre les moteurs à essence et les diesels s'élève à environ 40 pour cent. Enfin, tous les moteurs ont le même côté d'admission « froide » et d'échappement « chaud ». Une condition de plus donc, qui fait que les moteurs à trois et à quatre cylindres de la nouvelle famille sont adaptés aussi bien à un montage longitudinal qu'à un montage transversal sur les futurs modèles de chez BMW et MINI.

Développement efficace, fabrication flexible, qualité maximale.

La nouvelle banque d'organes moteurs permet à BMW Group de mettre au point des moteurs à trois, à quatre et à six cylindres de différents niveaux de puissance et adaptés à la perfection au concept automobile auquel ils seront destinés. Il est ainsi possible d'atteindre des volumes nettement plus importants avec, à la clé, des économies substantielles lors du développement et de la fabrication. La grande concordance conceptionnelle facilite par ailleurs le développement de variantes de moteur supplémentaires, ce qui permet aussi de fabriquer des séries relativement petites, rapidement et de manière rentable. Les usines de BMW Group dédiées à la construction des moteurs peuvent ainsi construire les moteurs à essence et diesels de la nouvelle famille simultanément, sur la même ligne de fabrication, ce qui ne s'était encore jamais vu. Cet atout permet au constructeur de réagir de manière flexible aux fluctuations de la demande à court terme ou de compenser les évolutions du marché s'écartant des prévisions.

Dans l'ensemble, la nouvelle banque d'organes moteurs garantit donc le respect non seulement des principes du développement écologique durable pour ce qui est des consommations et des émissions des modèles à venir, mais aussi de ceux du développement économique durable en matière de développement et de production.

3 Le système d'entraînement anticipatif: des modèles BMW anticipant le tracé de la route et la situation routière.



La gestion intelligente des flux d'énergie constitue un pilier essentiel de la stratégie Efficient Dynamics menée par BMW Group. L'objectif consiste à éviter toute consommation d'énergie inutile et de récupérer au maximum l'énergie dépensée. Pour réduire la consommation de ses modèles, et donc augmenter leur autonomie, BMW Group perfectionne sans cesse la gestion des différents composants automobiles. Des systèmes tels que la fonction d'arrêt et de redémarrage automatiques, qui coupe automatiquement le moteur lorsque la voiture s'arrête à un feu rouge ou évolue dans une circulation en accordéon pour économiser du carburant, puis relance le moteur juste avant le redémarrage, font depuis de nombreuses années partie intégrante de la dotation standard d'un nombre sans cesse croissant de modèles commercialisés par BMW Group; il en est de même de la fonction de récupération de l'énergie libérée au freinage.

Le système d'entraînement anticipatif perfectionne le principe consistant à limiter l'utilisation de l'énergie au strict nécessaire. L'idée qui se trouve derrière: capable de reconnaître la situation se présentant en aval, le dispositif d'anticipation peut automatiquement adapter les paramètres de conduite aux spécificités du tronçon à venir. Les informations requises à cet effet sont fournies par les nombreux capteurs de l'électronique embarquée, par le système de navigation et, depuis peu, par les capteurs radar et les capteurs caméra logés dans la partie avant de la voiture.

Cette fonctionnalité d'anticipation est proposée dès aujourd'hui sur un nombre croissant de modèles appartenant à toutes les gammes de BMW Group. Grâce aux informations reposant sur la navigation, la gestion de la boîte de vitesses et l'Assistant d'anticipation sont en mesure de reconnaître le tracé de la route et le profil de l'itinéraire, y compris les montées et les descentes, mais aussi les limitations de vitesse. Cette faculté d'anticipation permet à la boîte de vitesses d'engager automatiquement le rapport correspondant à la situation de conduite qui attend la voiture. BMW peut ainsi ouvrir la fourchette des typages proposés par les modes SPORT, CONFORT et ECO PRO, bien plus que ses concurrents ne sont capables de le faire. En fonction du mode activé, le système d'entraînement anticipatif adapte la voiture à la situation de conduite à venir en tenant compte du typage choisi par le conducteur.

Mode ECO PRO : efficacité maximale par simple pression d'un bouton.

En mode ECO PRO, il est possible d'économiser jusqu'à 20 pour cent de carburant, en fonction du style de conduite de chaque conducteur. Les fonctions roue libre, Assistant d'anticipation et ECO PRO Route permettent un gain de consommation supplémentaire atteignant 5 pour cent.

Associé au système de navigation, l'Assistant d'anticipation relève très tôt les données factuelles de l'itinéraire emprunté et ce, en tenant compte des limitations de vitesse, des virages, des entrées en agglomération, des ronds-points, des carrefours et autres sorties d'autoroute. Sur la base des données récoltées, le système dispense des conseils d'éco-conduite au conducteur.

En mode CONFORT et SPORT, le système d'entraînement anticipatif prépare le programme de la boîte automatique à la situation à venir. Résultat : tandis qu'une stratégie de passage de rapports conventionnelle ne fait que réagir à la position de la pédale d'accélérateur et aux résistances s'opposant à l'avancement de la voiture et travaille pour ainsi dire « en aveugle », l'Assistant d'anticipation permet à la boîte de « prévoir » le tracé de la route et d'adapter en temps réel les passages de rapports à la situation de conduite à venir.

La fonction de roulage en roue libre (équipant les modèles à boîte automatique) permet de découpler le moteur de la chaîne cinématique dans une plage de vitesses comprise entre 50 et 160 km/h et de laisser continuer la voiture sur sa lancée sans l'intervention du moteur.

ECO PRO Route : rallier la destination par le chemin le plus efficace et le plus économique.

Lorsque le mode ECO PRO est activé, le système de navigation BMW n'indique pas seulement l'itinéraire le plus rapide et le plus court, mais aussi le plus économique pour rallier la destination. Pour ce faire, le système tient compte de la situation routière actuelle et du profil de la route pour déterminer exactement l'itinéraire qui permet une réduction maximale de la consommation pour un allongement minimal du temps supplémentaire nécessaire. Le conducteur peut donc choisir entre perte de temps et gain de consommation. L'économie qu'il est possible de réaliser sur chaque itinéraire est visualisée en pour cent. En cas d'embouteillage ou d'autres perturbations de la circulation, le système propose des itinéraires bis. Enfin, le calcul prend en considération, en temps réel, le style de conduite individuel de l'automobiliste. À cette fin, le système analyse la consommation enregistrée dans différentes situations de conduite.

Analyseur ECO PRO: enregistrer, apprendre et économiser de l'énergie.

Intégré de série dans le mode ECO PRO, l'Analyseur ECO PRO permet au conducteur d'analyser à tout moment son propre style de conduite et de déceler de nouveaux potentiels d'économie. L'Analyseur ECO PRO permet d'afficher une statistique avant, pendant et après le trajet, et d'évaluer ainsi l'efficacité des accélérations, des décélérations et des passages de rapports effectués par le conducteur ainsi que l'effet positif qu'une optimisation du style de conduite peut avoir sur la consommation et, partant, sur l'autonomie. Des conseils ECO PRO prodigués par la voiture permettent au conducteur d'adopter un style de conduite plus efficace. Associé aux services BMW ConnectedDrive il n'a d'ailleurs aucun problème de transférer les données enregistrées sur un smartphone compatible, via l'application gratuite BMW Connected App. Grâce à une échelle d'évaluation, l'utilisateur peut alors apprécier l'efficacité de sa conduite. Son style de conduite devient ainsi transparent, ce qui l'aide à adopter une conduite plus économique.

Dynamisme à l'état pur: toujours le bon rapport.

Grâce aux capteurs radar et aux capteurs caméra embarqués, l'Assistant d'anticipation de la troisième génération peut aussi analyser l'environnement immédiat de la voiture pour mettre au point sa stratégie de fonctionnement. Ces données permettent à la boîte automatique d'adapter sa stratégie de commande d'une manière encore plus exacte et efficace à la situation de conduite donnée. Le système détecte notamment les véhicules plus lents en aval ainsi que les véhicules évoluant sur les files parallèles. Des passages de rapports ciblés par exemple permettent de décélérer la voiture sans que le conducteur ne doive freiner pour éviter d'emboutir le véhicule qui précède. En même temps, le passage du rapport permet d'augmenter le potentiel de reprise en réserve pour un dépassement et un changement de file dynamique.

Le système d'entraînement anticipatif ne contribue pas seulement à l'efficacité exceptionnelle, mais renforce également les qualités dynamiques. Alors que le mode ECO PRO est rigoureusement conçu pour une efficacité maximale, la boîte automatique fait appel, en mode SPORT, à une stratégie de commande dynamique et, en mode CONFORT, à un typage privilégiant une conduite sereine.

Lorsque, par exemple, la voiture s'approche d'un virage sur une route de campagne, la boîte de vitesses rétrograde automatiquement jusqu'au rapport idéal et exploite le cas échéant l'effet du frein moteur. Tous les passages de rapports sont terminés avant le virage. Le virage suivant est reconnu comme faisant partie de l'enchaînement de virages. Le système identifie le rayon de

courbure et engage à nouveau le rapport idéal. Ainsi le couple d'inertie est plus important en amont des virages. La réserve de traction pour l'accélération est plus importante, et les passages de rapport superflus ou les engagements successifs des rapports vers le haut ou vers le bas, dans ou entre les virages, sont évités. Précise, la stratégie soulage le conducteur, accroît le dynamisme et intensifie l'expérience vécue au volant. Le système d'entraînement anticipatif fonctionne de manière comparable dans les giratoires, aux intersections et autres bifurcations ainsi qu'aux entrées et aux sorties d'autoroute. Indépendamment de la navigation, le système d'entraînement anticipatif réagit aussi à l'actionnement des clignotants.

Gestion des flux d'énergie du futur: exploitation de l'énergie contenue dans l'air ambiant pour augmenter l'autonomie.

L'exploitation de l'énergie thermique contenue dans l'air intérieur pour augmenter l'autonomie des voitures électriques est un autre exemple illustrant les solutions innovantes déployées dans le cadre de la stratégie Efficient Dynamics.

Sur les véhicules actuels, il est tout à fait normal de chauffer ou de refroidir l'air intérieur, selon la saison, à grand renfort d'énergie pour l'évacuer ensuite dans la nature sans exploiter l'énergie résiduelle qu'il renferme. Cette perte peut certes être réduite, par exemple en mode de recirculation d'air, mais dans la pratique il est impossible de l'éviter entièrement.

La gestion intelligente de l'énergie est de la plus haute importance, notamment sur les voitures tout électriques (BEV, Battery Electric Vehicle) et les voitures hybrides rechargeables (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicle). En effet, chaque watt d'énergie qu'il est possible d'économiser pour faire fonctionner les organes périphériques permet au moteur électrique de faire avancer la voiture de quelques kilomètres de plus.

C'est pourquoi les ingénieurs de BMW Group planchent sur une méthode dans laquelle un échangeur de chaleur extrait l'énergie emmagasinée dans l'air de l'habitacle avant qu'il ne s'échappe à l'extérieur pour se perdre dans la nature. À bord d'une voiture expérimentale actuelle, l'énergie récupérée par ce biais est utilisée pour préchauffer l'air d'admission du système de chauffage et de climatisation. Cela permet de réduire l'énergie consommée par le chauffage et d'utiliser l'énergie économisée pour augmenter l'autonomie sans émissions supplémentaires.

4 Construction légère intelligente et aérodynamique raffinée : des atouts en matière d'efficacité et de dynamisme sportif.



Dans tous ses développements, BMW Group vise à mettre au point une automobile globalement la plus efficace possible. Un concept automobile efficace se distingue par la construction légère intelligente ainsi que par une aérodynamique active et passive idéale susceptible de réduire les résistances s'opposant à l'avancement du véhicule.

Construction légère intelligente.

La construction légère est un aspect essentiel de la stratégie Efficient Dynamics et fait, depuis toujours, partie intégrante des fondamentaux de BMW Group. Les automobiles de BMW Group se distinguent par l'équilibre idéal entre les exigences formulées à leur égard et la solution spécifique la plus légère.

Un centre de gravité aussi bas que possible, une répartition équilibrée des charges sur essieux à raison de 50/50, la concentration des masses au milieu et un poids spécifique réduit comptent parmi les traits caractéristiques essentiels de toute voiture sportive.

La construction légère intelligente contribue à créer cet équilibre idéal entre les exigences formulées à l'égard du produit et l'objectif consistant à réduire le poids spécifique dans toute la mesure du possible. Le résultat final sera optimal si différents facteurs se rejoignent pour former un tout harmonieux : un poids optimisé, des matériaux innovants mis en œuvre de manière ciblée et un mélange de matériaux fonctionnel issu d'une combinaison systématique de différents matériaux.

Au sein du Département de Développement, la construction légère intelligente est un maître mot dans tous les domaines et elle concerne tous les ensembles et tous les composants de l'automobile. C'est à la carrosserie que revient depuis toujours la part du lion dans le poids total d'une voiture. Or, les progrès réalisés dans la conception des carrosseries ne se mesurent pas qu'en kilogrammes. Pour une analyse pertinente, il faut en effet mettre la baisse du poids en rapport avec les fonctions et les dimensions de la carrosserie. Grâce à des optimisations permanentes, les ingénieurs de BMW Group ont réussi par le passé à réduire peu à peu la part de la caisse en blanc dans le poids à vide des voitures, bien qu'elle doive répondre à des exigences plus élevées en matière de sécurité et de confort. Ainsi par

exemple, une rigidité accrue de la carrosserie se traduit par une augmentation du confort vibratoire et de la précision directionnelle, tandis que la baisse simultanée de son poids apporte une contribution majeure à l'efficacité et à l'agilité du véhicule, favorisant ainsi le dynamisme de conduite. En outre, l'augmentation du pourcentage d'aluminium et de magnésium dans le moteur et le train de roulement a contribué à alléger les voitures. Le résultat de tous ces efforts : parmi les nouveaux modèles de BMW Group, nombreux sont ceux qui sont plus grands que leurs prédécesseurs, sans pour autant être plus lourds, certains étant même nettement plus légers. Les BMW X5 de la troisième génération par exemple pèsent jusqu'à 90 kilogrammes de moins que leurs devancières respectives, ce qui ne reste pas sans améliorer le dynamisme et la consommation.

Des matériaux innovants sur la BMW i3 et la BMW i8.

La construction légère rigoureuse revêt une grande importance surtout sur les voitures électriques car, outre la capacité de la batterie, le poids du véhicule est un facteur qui limite l'autonomie. Ici aussi, la réduction du poids s'accompagne d'une baisse de la consommation d'énergie et d'un gain de dynamisme. Pour compenser le surpoids engendré par les composants électriques, BMW Group a systématiquement misé, pour l'élaboration du concept LifeDrive des automobiles BMW i, sur la construction légère et a réalisé pour la toute première fois une combinaison innovante formée par un châssis en aluminium et un habitacle en PRFC.

PRFC : un matériau de haute technicité promis à un bel avenir.

Le plastique renforcé par fibres de carbone (PRFC) affiche un rapport particulièrement avantageux entre résistance et poids, ce qui en fait un matériau de choix pour la construction des carrosseries. À fonctionnalités égales, le PRFC pèse 30 pour cent de moins que l'aluminium et 50 pour cent de moins que l'acier. Utilisé de manière ciblée, ce matériau contribue donc à réduire le poids, tout en optimisant le centre de gravité de la voiture et en augmentant la stabilité de la carrosserie. À ce jour, les nouvelles BMW i3 et BMW i8 ne sont pas les seuls exemples. Les voitures de sport BMW M3/M4 et BMW M6 bénéficient, elles aussi, de ce matériau de pointe. En effet, des composants tels que le toit et les supports de pare-chocs sont réalisés en PRFC depuis un bon moment déjà. À l'heure actuelle, les ingénieurs de BMW Group planchent sur d'autres applications, dont des composants pouvant être utilisés comme masses rotatives. Prenons un exemple : des jantes hybrides faisant appel à un mix d'aluminium et de PRFC. Sur la BMW M3/M4, la grande rigidité et le poids réduit du PRFC permettent dès aujourd'hui de réaliser un arbre de transmission en un seul élément sans palier central. Outre un allègement de 40 pour cent par rapport au modèle

précédent, il en résulte une réduction des masses en rotation avec, à la clé, une réponse encore améliorée.

À l'avenir, d'autres voitures signés BMW ou MINI bénéficieront de ce matériau ultraléger. Le recyclage des résidus de découpe issus de la production permet en effet la fabrication économiquement rentable et écologique de composants tels que des baquets de siège, des traverses de tableau de bord ou des roues de secours pesant jusqu'à 30 pour cent en moins.

Leader technologique dans la fabrication industrielle de PRFC.

Après plus de dix ans de recherches intenses et d'optimisation des processus, des matériaux, des installations et autres outillages, BMW Group est aujourd'hui le seul constructeur automobile au monde à disposer du savoir-faire requis pour utiliser le PRFC dans la production de grande série. Le processus industriel mis en œuvre est unique en son genre et la cadence de production est étonnamment élevée, même pour les composants en PRFC très complexes. Il en est de même du procédé de collage spécialement conçu pour permettre un assemblage entièrement automatique de différents éléments de la carrosserie.

Or, la fabrication de série des composants en PRFC redéfinit la donne non seulement sur le plan technique. Dès la fabrication et le traitement des matières plastiques renforcées par fibres de carbone, BMW Group prête la plus grande attention au respect de l'environnement et des ressources naturelles ainsi qu'à une production qui est dans une large mesure exempte de CO₂. L'entreprise exerce son influence sur tous les processus, de la fabrication des fibres jusqu'au recyclage des fibres et des matériaux composites. La chaîne de production PRFC ultramoderne qui va de Moses Lake aux États-Unis au montage final à Leipzig, en passant par les deux sites allemands de Wackersdorf et Landshut, en témoigne à merveille.

Consommation réduite grâce à la construction légère dite acoustique.

Les motoristes travaillent, eux aussi, sur des composants innovants permettant de réduire non seulement le poids, mais aussi les émissions sonores des moteurs essence et diesel. Voici quelques exemples des mesures acoustiques dans le domaine de la construction légère : le recouvrement antibruit du système d'entraînement par courroie, une pièce en mousse alvéolaire appelée cloison moteur avant ainsi que des isolations phoniques agissant directement à la source telles que l'encapsulage du carter d'huile formé par un matériau à fibres et une couche de mousse moulée.

L'encapsulage enveloppant le moteur et la boîte de vitesses constitue une évolution majeure en matière d'isolation phonique des bruits d'entraînement. L'isolation phonique à la source représente une étape clé pour la réduction du poids comme pour l'optimisation de l'efficacité, le maintien de la chaleur du moteur se traduisant par une baisse de la consommation de carburant. Grâce à cette approche, les bruits intérieurs et extérieurs, la sécurité de fonctionnement thermique et le maintien de la chaleur sont en harmonie synergétique. Une conception antibruit efficace permet de supprimer presque 25 pour cent des isolations phoniques du système d'entraînement, ce qui se répercute sur le poids de la voiture.

Aérodynamique: efficacité et dynamisme de conduite accrus.

Le coefficient de pénétration dans l'air (c_x) est qualifié de paramètre décisif pour les qualités aérodynamiques d'une voiture. Le c_x et la section transversale (maître-couple) d'une voiture déterminent la traînée aérodynamique s'opposant à son avancement; même à la vitesse à laquelle on roule en ville, une partie de l'énergie du moteur doit être dépensée pour vaincre cette résistance. Plus la vitesse augmente, plus la traînée aérodynamique devient prédominante dans la résistance totale s'opposant à l'avancement, devenant ainsi le paramètre d'influence majeur en termes de consommation.

L'aérodynamique est donc un volet important de la stratégie de développement Efficient Dynamics et une des clés pour perfectionner le dynamisme de conduite. Outre la réduction de la traînée aérodynamique, les travaux de perfectionnement aérodynamique visent à optimiser la portance de la voiture pour améliorer sa stabilité dynamique, tout en renforçant le dynamisme de conduite typiquement BMW. Autre objectif important poursuivi par les aérodynamiciens: une alimentation en air de refroidissement du moteur, de la boîte de vitesses ou encore du système de freinage qui est asservie aux besoins. Dans tous les domaines cités, les ingénieurs de BMW Group réalisent des progrès substantiels à chaque nouvelle génération de modèles.

Peaufinage aérodynamique en soufflerie.

Chaque véhicule de BMW Group passe par le Centre d'essais aérodynamiques (AVZ) ultramoderne du constructeur pour être peaufiné sur le plan aérodynamique. Avec l'AVZ, BMW Group dispose de l'installation la plus innovante de toute l'industrie automobile mondiale. Elle permet des mesures et des essais particulièrement proches de la réalité. Autorisant la simulation et l'analyse de différents états de conduite, elle permet de faire ressortir encore mieux les liens existant entre aérodynamique et comportement dynamique lors du développement d'automobiles de série.

Proportions, optimisation des détails et mesures individuelles.

Outre la définition des proportions de la voiture, l'un des leviers les plus importants en matière d'aérodynamique, la mise en œuvre de nombreuses mesures de détail est indispensable pour atteindre l'objectif, à savoir une aérodynamique réussie dans le moindre détail. En fin de compte, c'est l'optimisation finale des boucliers avant et arrière, des rétroviseurs extérieurs, des montants avant, des baguettes de toit et des caches de bas de caisse qui fera la différence entre une bonne aérodynamique et une excellente aérodynamique, sans porter atteinte au design de la voiture.

L'aménagement du soubassement est un autre facteur qui, sans avoir une incidence directe sur le design de la voiture, joue énormément sur la traînée aérodynamique et la portance. Les automobiles de BMW Group sont dotées d'une protection optimisée en termes d'écoulement recouvrant le dessous de caisse ; elle comprend des carénages lisses au niveau du compartiment moteur, du tunnel abritant la ligne d'échappement et du réservoir. D'autres caches aérodynamiques se situent par exemple au niveau de l'essieu arrière et du silencieux arrière. Dans leur totalité, ces carénages recouvrent le dessous de la voiture sur une surface très étendue, améliorant par là même la traînée aérodynamique et la portance.

Équipant de nombreuses BMW, les rideaux d'air (Air Curtains) disposés dans le bouclier avant comptent parmi les mesures aérodynamiques individuelles visibles. Ils génèrent une lame d'air recouvrant les roues avant latéralement pour réduire les turbulences d'air et, partant, la traînée aérodynamique. Certains modèles BMW disposent aussi des Air Breather qui sont, quant à eux, des canalisations d'air disposées derrière chaque passage de roue avant ; ces ouïes évacuent une partie définie de l'air entrant dans les passages de roues et minimisent encore la traînée aérodynamique.

Il y a des années déjà, certains modèles BMW ont été dotés de lames mobiles au niveau du radiateur. Aujourd'hui, le système des volets d'air pilotés de deuxième génération permet de gérer la quantité d'air de refroidissement entrant de manière encore plus variable et mieux asservie aux besoins. À cet effet, les lames disposées entre la prise d'air de refroidissement et le radiateur s'ouvrent et se ferment automatiquement en tenant compte de différents paramètres, pour assurer une traînée aérodynamique réduite, un refroidissement idéal du moteur et une phase de fonctionnement à froid aussi courte que possible, indépendamment des conditions de service. La traînée aérodynamique optimisée et la température de fonctionnement toujours idéale du moteur se traduisent par une baisse de la consommation de carburant et des émissions de CO₂.

La meilleure du segment : l'aérodynamique de la nouvelle BMW X5.

À l'instar de la nouvelle BMW i8 avec son coefficient de pénétration dans l'air (cx) de 0,26, valeur sans égale dans le segment des voitures de sport, la BMW X5 est un exemple actuel d'une automobile de série bénéficiant de la stratégie Efficient Dynamics. Par rapport à sa devancière, elle se targue d'un coefficient de pénétration dans l'air réduit de 10 pour cent et affiche ainsi, avec un cx de 0,31, la meilleure valeur dans son segment.

La traînée aérodynamique totale d'une voiture dépend pour environ 40 pour cent de ses proportions. Sur les architectures bicorps comme celle de la BMW X5 avec son hayon quasiment vertical, les lignes de la carrosserie recèlent les potentiels d'optimisation aérodynamique les plus importants. Ainsi, les ingénieurs ont opté, entre autres, pour un allongement aérodynamique des montants arrière à l'aide de lames aérodynamiques (Aero Blades). Prolongements latéraux du béquet de toit, ces nouveaux éléments encadrent la lunette arrière. Le décollement défini du flux d'air qui en résulte se traduit par une minimisation des dépressions provoquant un effet de freinage et apporte ainsi une contribution significative à l'amélioration de la traînée aérodynamique.

Au niveau des passages de roues, qui génèrent 20 à 25 pour cent de la résistance aérodynamique, un ensemble d'éléments innovants comprenant les Air Curtains, les Air Breather et autres jantes aérodynamiques permet à son tour d'optimiser les qualités aérodynamiques et de réduire la traînée. Enfin, les volets d'air réglables indépendamment de l'état de fonctionnement de la voiture, contribuent, eux aussi, à une baisse des valeurs de consommation et d'émission grâce à l'amélioration de l'aérodynamique et à l'optimisation du bilan thermique.

5 Technologie d'éclairage innovante: la technologie unique au monde de la lumière laser.

Phares tout LEDs de série, lumière laser innovante unique au monde en option.

Associés aux naseaux BMW, les ensembles optiques avant plats de la BMW i8 constituent une unité horizontale soulignant la largeur de la voiture. La voiture de sport à hybride rechargeable est équipée de série de phares tout LEDs à faisceaux lumineux puissants et consommation énergétique réduite. Dans la partie inférieure, les sources lumineuses sont serties d'une bride en U intégrant l'éclairage diurne, les feux de position et les clignotants. Les veines lumineuses très fines des optiques arrière affichent également la forme en U typique des automobiles BMW i. Tous les feux de la BMW i8 font appel à la technique des LEDs en dotation standard. La BMW i8 est la première voiture de série au monde pouvant s'équiper, en option, de phares laser innovants. Les phares laser produisent une lumière ultrablanc et très claire, perçue comme agréable. Elle résulte de la conversion ciblée, à l'aide d'un luminophore, des rayons émis par de minuscules diodes laser dans les phares. La lumière laser étant monochromatique, c'est-à-dire qu'elle est émise à une seule longueur d'onde et que toutes les ondes sont en phase, il se crée un faisceau lumineux quasiment parallèle de forte intensité qui non seulement dépasse mille fois l'intensité de diodes électroluminescentes classiques, mais peut aussi être géré avec une précision particulièrement élevée. En outre, le système d'éclairage laser présente une efficacité encore optimisée, si bien que la consommation d'énergie peut être réduite de plus de moitié par rapport à celle des phares à LEDs pourtant déjà très efficaces. La lumière laser peut en effet fournir quelque 170 lumen (unité photométrique pour le flux lumineux produit) par watt, contre 100 lumen environ pour la lumière émise par une LED.