

Les journées de l'innovation BMW Group en 2010.

La mobilité du futur.

Version courte.

1.	Pourquoi l'électromobilité ?	2
2.	Le projet i.	6
3.	Le système de transmission électrique.	10
4.	Construction légère et concept LifeDrive.	15
5.	Le PRFC – un matériau d'avenir.	18



1. Pourquoi l'électromobilité ?

Le monde et avec lui l'environnement de la mobilité individuelle connaissent un changement écologique, économique et social profond. Les phénomènes globaux comme le changement climatique ou la raréfaction des ressources amènent un certain nombre d'entre nous à reconnaître sa part de responsabilité et à adopter un mode de vie plus écoresponsable et durable.

Les prémisses de la mobilité individuelle changent.

Le réchauffement continu de l'atmosphère et l'épuisement des ressources nous poussent à réduire rapidement et significativement nos émissions de CO₂, à accélérer le passage des carburants fossiles à des sources d'énergie capables de se régénérer et à accroître l'efficacité des consommateurs d'énergie. Les gouvernements de différents pays l'ont admis et réagissent en conséquence en promulguant des lois ambitieuses sur le parc automobile et en promouvant les véhicules non polluants.

Par ailleurs, on observe partout dans le monde une urbanisation grandissante. La moitié de la population mondiale vit déjà en ville et la tendance est à la hausse. Tels des aimants, les villes attirent la population rurale. Un nombre croissant de gens y vivent ensemble dans un espace toujours plus réduit. Ce développement des villes engendre une multiplication des défis. La modification des infrastructures, le manque de place, la pollution exigent de nouvelles solutions de déplacement.

Des défis pour l'avenir.

La mobilité du futur réclame un nouveau rapport entre exigences mondiales et besoins individuels. On veut de nouvelles solutions pour une mobilité individuelle et surtout durable en espace urbain. BMW Group a pris en compte ce besoin et mis au point un véhicule qui ouvre de nouvelles possibilités dans cet environnement-là et qui répond de manière ciblée aux souhaits changeants de sa clientèle.

L'E-mobilité – une perspective pleine d'avenir.

BMW Group voit dans l'électromobilité un moyen de réunir mobilité individuelle et exigences du futur. Le gros avantage réside surtout ici dans



l'absence d'émissions locales. L'électromobilité utilisant le courant électrique à la place du carburant comme énergie motrice, aucun gaz polluant n'est rejeté durant le trajet. Quand en plus l'énergie nécessaire à la propulsion est créée à partir du vent ou de l'eau – deux ressources renouvelables – l'E-mobilité est alors absolument neutre en termes de conséquences climatiques et elle épargne les ressources naturelles fossiles de la planète. Non seulement l'électromobilité est écologique, mais en plus elle procure une expérience de conduite unique basée sur l'émotion. Les E-véhicules peuvent ainsi se déplacer quasiment sans aucun bruit de moteur. De plus, sur les moteurs électriques la totalité du couple de l'E-transformateur d'énergie est disponible dès l'arrêt, d'où une grande agilité et donc un plaisir de conduite accru.

Les limites de l'E-mobilité.

L'électromobilité n'en est qu'à ses balbutiements et des innovations sont par conséquent encore nécessaires à certains endroits. Le défi le plus important est évidemment l'amélioration de l'accumulateur d'énergie. Ses particularités spécifiques en termes de densité énergétique et de poids sont pour l'instant le facteur restrictif de l'E-mobilité. Pour l'heure seule une quantité limitée d'énergie peut être emmagasinée dans une batterie, la densité énergétique du composite de cellules est comparativement faible. Le rendement important d'un moteur électrique jusqu'à 96 % compense pourtant en partie cela. L'autonomie d'un véhicule électrique n'est certes pas comparable aujourd'hui avec celle d'un moteur à combustion. La recherche très poussée sur les accumulateurs d'énergie automobiles présage cependant d'avancées technologiques prochaines dans ce domaine et donc d'autonomies plus importantes.

Le poids de l'accumulateur d'énergie est le second facteur restrictif en termes d'autonomie. Compte tenu de sa faible densité énergétique, la batterie a, pour faire fonctionner le véhicule, plus ou moins la taille d'une grosse valise de voyage et elle est du reste très lourde. Pour ne pas agrandir la taille de la batterie et la rendre plus lourde encore, les ingénieurs essayent d'exploiter au mieux la capacité disponible de la batterie et d'améliorer encore l'autonomie par une construction légère ainsi que des stratégies d'utilisation et de charge intelligentes. Ils cherchent par ailleurs à réduire notablement le temps de charge. Car pour l'instant plusieurs heures de charge, et par conséquent



d'immobilisation de la voiture, sont nécessaires pour recharger complètement la batterie d'un E-véhicule.

Les ingénieurs de BMW Group ont identifié les domaines de l'électromobilité réclamant des améliorations et travaillent intensément à la mise au point de solutions optimales, satisfaisant la clientèle. De vastes projets pilotes en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux États-Unis fournissent des informations précieuses sur l'exploitation et le fonctionnement des E-véhicules et permettent à BMW Group d'adapter à l'avenir ses véhicules encore plus précisément aux besoins de la clientèle. Ainsi qu'en témoignent les premiers résultats des essais sur la MINI E, BMW Group est sur la bonne voie.

BMW Group adopte une approche globale durable.

L'électromobilité fait partie intégrante de la stratégie d'entreprise de BMW Group qui ajuste en conséquence ses processus et structures de manière significative. La stratégie « Efficient Dynamics » en est un exemple : elle traduit l'orientation à long terme de la stratégie produits de BMW Group en faveur d'une mobilité individuelle sans rejet. Les mesures prises pour atteindre cet objectif vont du pack technologique Efficient Dynamics de série avec ses transmissions classiques optimisées ainsi que ses mesures visant une construction plus légère, un meilleur aérodynamisme et une gestion plus efficace de l'énergie, aux concepts de véhicule sans émission de CO₂ comme les véhicules électriques ou à hydrogène, en passant par les différentes étapes de l'électrification (véhicules hybrides).

BMW axe significativement ses processus et ses structures sur l'électromobilité.

Pour transmettre aux véhicules électriques les gènes de l'entreprise, BMW Group a mis au point des éléments d'identification d'un véhicule électrique en autoprestation. Ce n'est qu'une fois cette étape accomplie qu'un produit satisfaisant aux exigences de BMW Group peut alors voir le jour.

L'accumulateur d'énergie, la transmission électrique et le châssis sont par conséquent mis au point au sein du réseau de recherche et d'innovation de BMW Group. Des partenaires comme SB LiMotive dans le domaine du développement des cellules ou SGL Automotive Carbon Fibers (SGL Group) pour la mise au point et la production de fibres de carbone et toiles en fibres de carbone, complètent par leur savoir-faire le travail de



développement de BMW Group pour faire progresser la mobilité individuelle du futur.

BMW réfléchit au-delà du produit.

L'électromobilité ouvre des perspectives entièrement nouvelles autour du véhicule. On pense par exemple à divers services autour de la charge de l'E-véhicule. BMW Group collabore ainsi déjà avec des fournisseurs d'énergie pour permettre un accès rapide et souple au courant « vert ». Des règles de charge intelligentes et une recharge pilotable à distance sont d'autres possibilités pour rendre l'électromobilité séduisante aux yeux de la clientèle. BMW Group réfléchit également à des services de mobilité allant encore plus loin ainsi qu'à des offres de circulation intermodales pour satisfaire aux exigences de la mobilité du futur.



2. Le projet i.

Une initiative dont la mission, en tant que fer de lance de BMW Group, est de développer des concepts de mobilité durables et novateurs a vu le jour fin 2007 avec le projet i. L'objectif à long terme est de faire évoluer toute l'entreprise par des réflexions nouvelles et des projets concrets dans les domaines de la production, du développement et de la vente.

« Avec le projet i, BMW Group aborde les défis futurs de la mobilité individuelle ». (Martin Arlt)

Une démarche révolutionnaire pour un produit révolutionnaire.

La mise en œuvre de ces objectifs ne nécessite pas uniquement de nouveaux procédés et technologies. Les ingénieurs de BMW Group remettent également en question la construction automobile telle que nous la connaissons aujourd'hui. Ainsi, grâce au projet i, BMW Group crée un centre de réflexion (think tank) dont le travail n'a rien de conventionnel. Il réunit en dehors des structures existantes des experts et personnes à la pensée avant-gardiste issus de toute l'entreprise. Cette petite unité organisationnelle efficace s'engage depuis à réunir les impératifs de gestion durable et de création de valeur dans les produits et à les concrétiser ensuite à l'extérieur de l'entreprise avec le concours de services spécialisés et de partenaires adéquats. C'est dans cet environnement très ciblé que travaillent en toute indépendance les ingénieurs – avec néanmoins le soutien plein et entier des experts de l'entreprise.

Les prémisses du projet i.

Lorsque les ingénieurs BMW Group affectés au projet i se sont mis au travail, ils ne sont pas partis de rien. La base de leur travail de développement était une recherche intense sur les questions de la mobilité et des besoins de la clientèle dans le futur. Ils en ont rapidement déduit les exigences du produit à mettre au point : un véhicule dont le déplacement soit sans impact négatif sur l'environnement, autrement dit sans émissions de gaz, et qui



réponde parallèlement aux exigences de la mobilité urbaine moderne – le Megacity Vehicle (MCV). L'objectif premier pour lequel tout ceci devait être réalisé était une durabilité la plus évidente possible. Du premier fournisseur jusqu'à la réexploitation des pièces après la vie effective du véhicule, le processus devait comporter les trois facettes du développement durable : écologique, économique et socialement compatible. Les ingénieurs ont donc remis en cause la totalité des processus et des éléments de la chaîne de création de valeur. Les résultats furent en même temps les prémisses de la naissance du Megacity Vehicle.

« J'ai davantage appris durant les 2 années et demi de ce projet qu'au cours des huit années qui l'ont précédé ». (Peter Ratz)

Le résultat est convaincant.

Le projet a largement exploité toutes les possibilités et libertés mises à disposition. Il en résulte un concept de mobilité global et durable, montrant également comment se présentera la mobilité individuelle future de BMW Group. Compte tenu des nouvelles particularités de transmission et d'architecture du véhicule ainsi que du recours à de nouveaux matériaux, la production du Megacity Vehicle sera en partie simplifiée et nécessitera en partie des procédés totalement nouveaux. Pour garantir un résultat optimal, des partenaires de choix tels que SB LiMotive (fabricant de cellules de batterie) et SGL Automotive Carbon Fibers (producteur de fibres de carbone et de toile non tissée en fibre de carbone) complètent le savoir-faire de BMW Group.

Le projet i – MINI E, BMW Concept ActiveE et MCV.

La première réussite du projet i remonte au printemps 2008, avec la MINI E. Parallèlement, le projet attira pour la première fois l'attention de l'opinion publique. La MINI E, avec son autonomie de 150 kilomètres en moyenne en usage quotidien et ses 204 chevaux, ne s'est pas contentée de poser des jalons techniques lors du premier projet de qualification. Elle réalise également depuis un important travail de pionnière pour BMW Group dans le cadre de la mise au point de concepts de transmission alternatifs pour une mobilité sans émissions de CO₂. L'objectif était de mettre la MINI E le plus rapidement possible entre les mains des clients pour obtenir des informations précieuses sur leur expérience de conduite d'un E-véhicule au quotidien. La MINI E a donc été confiée dès la mi-2009 à des clients aux États-Unis, en Grande-



Bretagne et en Allemagne. Par leur expérience, ces derniers ont contribué activement à l'évolution de la mobilité sans émissions de CO₂.

**Les États-Unis et l'Allemagne sont unanimes sur la question :
l'électromobilité convient à un usage quotidien.**

Les résultats des premiers essais à Berlin et aux États-Unis sont déjà extrêmement positifs. Les études montrent en effet que pour plus de 90 % des participants l'autonomie moyenne de 150 kilomètres ne gêne pas leurs habitudes de déplacement. De même, le temps de charge de la batterie ne constitue pas, contrairement à l'opinion initiale des clients, une restriction. Globalement, la différence d'utilisation de son véhicule entre un conducteur de MINI E et un conducteur de MINI Cooper ou de BMW 116i, qui sont deux véhicules comparables, est marginale. Tous les utilisateurs ont par ailleurs souligné le plaisir qu'ils ont eu à conduire la MINI E. Plaisir de conduite et E-mobilité ne sont aucunement antagonistes, au contraire ils vont de pair. Les résultats des études suggèrent qu'un Megacity Vehicle plus spacieux et doté d'une autonomie un peu plus importante satisferait presque en totalité les besoins de mobilité des habitants des grandes cités.

La BMW Concept ActiveE.

BMW Group poursuit de manière conséquente ses activités de recherche et développement de l'électromobilité dans le cadre du projet i grâce à la BMW Concept ActiveE. Le moteur spécialement mis au point pour la première BMW à propulsion entièrement électrique a une puissance de 125 kW / 170 chevaux et dispose d'un couple maximal de 250 Newton-mètres. L'énergie de la transmission électrique provient également de batteries au lithium-ion de conception totalement nouvelle. Elles permettent une autonomie de près de 160 kilomètres (100 miles) en fonctionnement quotidien. La BMW Concept ActiveE offre par ailleurs quatre places assises ainsi qu'un coffre de bonne taille. Les composants du système de transmission électrique ont été conçus en tenant compte des exigences du MCV (Megacity Vehicle) et sont testés ici à un stade de présérie. Sur la base de cette étude conceptuelle présentée en décembre 2009, BMW Group sollicitera ses clients en 2011 pour mettre à l'essai une nouvelle gamme de véhicules électriques. Cette expérimentation vise à approfondir les connaissances déjà acquises sur l'emploi quotidien des véhicules à transmission électrique d'une part et à mieux cerner les souhaits de la clientèle d'autre part.



Megacity Vehicle (MCV).

Avec le Megacity Vehicle (MCV), BMW Group propose une solution d'un genre nouveau pour une mobilité durable en environnement urbain. Le MCV devrait arriver sur le marché en 2013 sous la griffe d'une marque BMW. Le MCV bénéficie d'une transmission entièrement nouvelle (voir chap. 3) et d'une architecture révolutionnaire (LifeDrive, chap. 4) combinant construction résolument légère, fonctionnalité spatiale optimale et sécurité maximale en cas de collision.

A l'avenir, le fabricant qui remportera la compétition sur le segment haut de gamme sera celui qui produira les véhicules les plus efficaces et les plus écoresponsables et qui offrira à ses clients les solutions les plus porteuses d'avenir et procurant le plus d'émotion pour une mobilité individuelle et respectueuse de l'environnement. « BMW Group occupera à l'avenir ce rôle de précurseur ». (Martin Arlt)



3. Le système de transmission électrique.

Non polluants et dynamiques – telle sera la nouvelle génération de véhicules.

BMW Group ambitionne également de construire à l'avenir les meilleures transmissions automobiles. Des transmissions qui se démarquent de la concurrence par leur efficacité, le déploiement de leur puissance et par leur silence en fonctionnement – même quand l'électricité se substitue au carburant. BMW Group pousse en avant le développement technique de l'électromobilité. Les experts en charge du développement, de la fabrication et des achats sont regroupés sous un même toit : au sein de « l'e-Werk », le centre de compétence de BMW Group pour la transmission électrique. Tous travaillent à la mise en œuvre de la nouvelle génération de transmissions.

Pouvoir propulser des véhicules uniquement grâce à de l'énergie électrique ouvre des perspectives de mobilité totalement nouvelles. Non seulement les E-véhicules permettent un déplacement local non polluant et à faible émission sonore, mais en plus ils séduisent par une expérience de conduite très agile tout à fait inédite. L'électrotransmission de BMW Group pour le Megacity Vehicle atteint une puissance nettement supérieure à 100 kW. La particularité en cela c'est que la totalité du couple est disponible dès le démarrage et n'a pas besoin d'être obtenue, comme pour les moteurs à combustion, via le régime moteur. Le couple élevé dès l'arrêt confère aux E-véhicules une agilité particulièrement grande et garantit des seuils d'accélération impressionnants. Le régime utile élevé de plus de 12 000 tr/mn permet en outre un couple développé sans interruption sur toute la plage de vitesses. Cela signifie qu'un E-véhicule ne disposant que d'une seule vitesse peut accélérer de l'arrêt jusqu'à la vitesse maximale.

« L'électromobilité n'est aucunement une déclaration de renoncement aux plaisirs de la route. Conduire un E-véhicule est au contraire réellement plaisant ». (Patrick Müller)



Des composants de transmission puissants et compacts.

Un véhicule équipé d'une transmission électrique n'a pas seulement un comportement routier intéressant. L'E-transformateur d'énergie bénéficie en outre, par rapport aux motorisations classiques, d'une densité de puissance plus importante. Cela signifie qu'avec un E-moteur, la même puissance du moteur peut être obtenue pour un espace plus petit. L'intégration d'un système d'évacuation des gaz ou une amenée d'air complexe n'ont également plus lieu d'être. Cela permet d'inclure l'organe compact de transmission de manière optimale dans l'architecture du véhicule. Mais la taille et le poids aujourd'hui nécessaires à l'accumulateur d'énergie réduisent cet avantage : les véhicules électriques ont en effet besoin d'un espace dédié pour loger cet accumulateur d'énergie relativement volumineux. Transformer un véhicule à la motorisation classique en un véhicule à transmission électrique ne peut être par conséquent qu'une solution temporaire et en aucun cas une réponse durable aux questions d'électrification du système de transmission.

Le cœur électrique : l'E-moteur.

Le cœur de la transmission électrique est constitué du moteur électrique et de son électronique de puissance. Il transforme l'énergie électrique en énergie cinétique. Pour faire simple, la toute dernière génération de moteurs électriques BMW Group comprend un stator stationnaire en forme de tube et un cylindre rotatif à l'intérieur du stator, le rotor. Ce dernier est lié au rapport de démultiplication et donc indirectement aux roues motrices. Le stator est pourvu de bobines dans lesquelles le flux électrique peut générer un champ magnétique. Sur le rotor en revanche, on trouve un ou plusieurs aimants avec polarité fixe. Quand le courant passe, le pôle sud du champ magnétique généré dans le stator attire le pôle nord de l'aimant du rotor. On fait cependant passer le pôle sud à la phase suivante avant même que le pôle nord du rotor n'ait atteint le pôle sud du stator. Le rotor tourne par conséquent et « court » littéralement après les champs magnétiques perpétuellement changeants du stator. Par ce mouvement de rotation, le rotor transmet l'énergie mécanique nécessaire à la propulsion. Pour que le moteur électrique fonctionne et fournisse une puissance optimale, il est indispensable de trouver la bonne rotation des champs magnétiques dans le stator. Cette tâche importante est assumée par une unité de commande spéciale : l'électronique de puissance. Elle veille au changement de champ



magnétique à la vitesse souhaitée et avec la force de champ adéquate. Par ce biais, elle s'assure que le rotor tourne au régime demandé et transmet le couple souhaité.

L'accumulateur d'énergie : le réservoir du E-véhicule.

Des courants très forts sont nécessaires pour pouvoir entraîner le moteur d'un E-véhicule. Des intensités pouvant aller jusqu'à 400 Ampères sont libérées pour chaque phase, ce qui correspond à peu près à 25 fois l'intensité maximale d'une prise de courant domestique. De même, des tensions pouvant atteindre 400 volts sont deux fois plus importantes que l'alimentation électrique classique des terminaux normaux. Pour emmagasiner et restituer à la demande toute cette énergie, on a recours à un grand nombre de cellules de batterie branchées en série et réparties dans des modules plus petits. La première des priorités lors de l'élaboration et de la disposition du système à haute tension et de l'accumulateur d'énergie, a été d'assurer la sécurité des passagers du véhicule. C'est pourquoi un certain nombre de mesures de sécurité ont été prises tant au niveau de l'accumulateur d'énergie que du système à haute tension pour garantir aux passagers une protection optimale. Des tests très poussés vérifiant le degré de protection montrent que l'ensemble des exigences internes et légales en matière de collision sont satisfaites.

Des défis pour l'avenir.

L'avenir de l'électromobilité réside essentiellement dans les développements futurs de l'accumulateur d'énergie. Les ingénieurs BMW essaient par conséquent de mettre au point un accumulateur d'énergie plus compact, moins coûteux et plus léger. Mais il faut avant tout que celui-ci dispose de plus d'énergie pour accroître l'autonomie du véhicule. Car la densité énergétique à l'intérieur de l'accumulateur d'énergie d'un E-véhicule n'est pas encore comparable à celle d'un réservoir de carburant plein. Dans une batterie de 22 kWh, il y a l'équivalent énergétique d'environ 2,5 litres de super. Et les autonomies actuellement possibles sont aussi plus faibles. Pourtant, en comparaison, une transmission électrique fonctionne plus efficacement : compte tenu de son rendement nettement plus élevé (jusqu'à 96 %) – un moteur à combustion atteint dans le meilleur des cas 40 % – elle ira nettement plus loin avec une énergie limitée qu'un véhicule doté d'une motorisation à combustion comparable. Cette efficacité



extraordinairement élevée permet actuellement une autonomie jugée suffisante pour 90 % des clients. Le véhicule convient ainsi parfaitement au quotidien. Les résultats des études d'utilisation de la MINI E corroborent ces données.

La question centrale de l'E-mobilité à l'avenir sera également : comment accroître encore l'autonomie ? Les concepteurs travaillent à ce niveau dans deux directions. La principale mesure est de réduire le plus possible le poids du véhicule par une construction résolument légère et par l'emploi de matériaux intelligents (voir aussi le chap. 4). Cela s'applique également à la transmission, partout où cela est possible. Une augmentation de la capacité de la batterie serait aussi envisageable. Mais doter le véhicule d'une batterie plus grosse l'alourdirait ce qui aurait pour effet de limiter l'autonomie. C'est pourquoi on essaie d'exploiter du mieux possible la capacité actuelle de la batterie. Pour ce faire, d'une part on décharge le plus complètement possible les batteries, et on tente d'autre part de réduire autant que possible la consommation d'énergie pendant les trajets au moyen de règles de charge intelligentes, d'un rafraîchissement de la batterie optimisé aux besoins et de stratégies de fonctionnement efficaces. Cela comprend également des mesures visant un meilleur pilotage du système de chauffage / climatisation, de l'éclairage et de l'infodivertissement. Néanmoins, l'avenir réside à long terme dans le développement des accumulateurs d'énergie pour obtenir une plus grande densité énergétique.

Range Extender – petit moteur, grande autonomie.

Le « Range Extender » est une mesure particulière permettant d'accroître l'autonomie. Il s'agit en l'espèce de faire produire du courant à un moteur à combustion par l'intermédiaire d'un générateur pour recharger la batterie durant les déplacements et la maintenir ainsi à un niveau de charge constant. Cela permet d'obtenir une autonomie supplémentaire considérable. Un E-transformateur d'énergie valable étant déjà à bord, ce moteur à combustion relativement petit peut tomber en panne. Avec une puissance électrique de 20 à 30 kW, le Range Extender met suffisamment d'énergie à disposition pour pouvoir maintenir le profil de conduite souhaité. La puissance modérée du moteur à combustion n'engendre par ailleurs qu'une consommation de carburant relativement faible. Il s'agit là d'une solution à court terme parfaitement envisageable pour accroître l'autonomie des E-véhicules,



mais pour le long terme les ingénieurs BMW Group misent clairement sur l'amélioration de la technique de la batterie. La technologie d'accumulation énergétique en automobile ayant le vent en poupe, on peut s'attendre à d'autres avancées dans ce domaine.



4. Construction légère et concept LifeDrive.

L'électrification d'un véhicule nécessite de nouveaux concepts d'architecture automobile et de carrosserie pour pouvoir exploiter au mieux les potentiels de l'E-mobilité. Mais à quoi ressemble une architecture judicieuse et fonctionnelle pour un véhicule électrique ? Grâce au concept révolutionnaire « LifeDrive », les ingénieurs de BMW Group repensent complètement l'architecture de l'automobile et l'adaptent aux exigences et réalités de la mobilité de demain. Ils ont ainsi créé un concept de carrosserie résolument basé sur le domaine et l'objectif d'utilisation futurs du véhicule et qui présente en même temps un emploi novateur des matériaux.

Comme pour les véhicules avec structure cadre, le concept LifeDrive comprend deux modules indépendants et séparés horizontalement. Le module « Drive », le châssis, constitue la base stable et intègre la batterie, la transmission ainsi que les fonctions structurelles et anti-collision de base dans une structure. Le module « Life », quant à lui, se compose essentiellement d'un habitacle ultrarésistant et néanmoins très léger en plastique à renfort fibre de carbone (PRFC). L'emploi de ce matériau high-tech à cette échelle est inédit. Grâce à ce concept innovant, BMW Group donne une dimension totalement nouvelle à la construction légère, à l'architecture automobile et à la sécurité en cas d'accident.

Une construction légère constitue une différence notable.

Une construction légère est un facteur très important pour un véhicule à transmission électrique. Car outre la capacité de la batterie, c'est surtout le poids élevé du véhicule qui limite l'autonomie. Plus un véhicule est léger et plus son autonomie sera grande – tout simplement parce que l'E-transmission devra déplacer une masse moins importante. Le système de transmission d'un E-véhicule pèse à peine 100 kilos de plus que celui d'un véhicule avec moteur à combustion (réservoir plein compris). La différence est essentiellement due au poids de la batterie. Pour compenser cela, BMW Group mise sur une construction résolument légère et sur un emploi innovant des matériaux. Selon la demande et le domaine d'utilisation du véhicule, les ingénieurs BMW Group utilisent le matériau optimal pour



chaque composant. Et ils parviennent effectivement à ce que cette batterie massive « fasse globalement peu de poids ».

Du PRFC dans la carrosserie.

Le matériau PRFC a permis la plus grande part des réductions de poids. L'emploi de ce matériau sur de larges surfaces, comme c'est le cas pour le module Life, est inédit pour la production en grande série d'un véhicule. A résistance au moins égale, le PRFC est environ 50 % plus léger que l'acier. L'aluminium, lui, n'aurait permis une économie de poids « que » de 30 %. Le PRFC est ainsi le matériau le plus léger que l'on puisse utiliser en carrosserie sans aucune perte de sécurité. Son autre grand avantage, c'est sa résistance à la corrosion. Il ne rouille pas et a donc une longévité nettement plus importante que le métal. Il est par ailleurs très stable quelles que soient les conditions climatiques.

Plus léger = plus sûr.

La construction légère joue certes un rôle important dans l'élaboration du concept LifeDrive, mais la sécurité des passagers également. La combinaison de l'aluminium dans le module Drive et du PRFC de l'habitacle dans le module Life a dépassé les attentes dès les premiers essais et montre clairement que construction légère et sécurité ne sont pas antinomiques.

Tout comme pour le cockpit d'une Formule 1, l'habitacle en PRFC constitue un espace extrêmement solide. La sécurité impressionnante de ce matériau extraordinairement rigide s'est vérifiée dans des scénarios de chocs frontaux ou latéraux. Là où de larges zones de froissement sont nécessaires sur les constructions métalliques, il est possible sur une structure en PRFC d'absorber l'énergie sur une surface toute petite grâce à des éléments de déformation spéciaux. Le matériau est à peine cabossé malgré des forces engagées importantes et agissant en partie de façon ponctuelle.

Des structures actives en cas de collision, réalisées en aluminium pour l'avant et l'arrière du module Drive apportent une sécurité supplémentaire lors des chocs frontaux ou arrière. Pour garantir le mieux possible la batterie, elle a été logée dans le dessous de caisse puisque c'est là qu'un véhicule se déforme le moins lors d'une collision. En cas de choc latéral, la batterie bénéficie par ailleurs des caractéristiques anti-choc du module Life puisque toute l'énergie est déjà absorbée et n'atteint pas l'accumulateur d'énergie.



L'extrême résistance de l'habitacle en PRFC et la répartition intelligente de la force dans le module LifeDrive créent les conditions d'une protection optimale pour les passagers du véhicule.

Les avantages LifeDrive.

Dans cette architecture révolutionnaire du véhicule, le concept LifeDrive aborde toutes les exigences de l'E-mobilité et intègre la batterie volumineuse ainsi que l'E-moteur compact dans une structure sécurisée contre les chocs. Cependant, LifeDrive n'est pas « seulement » un concept de carrosserie moderne, légère et sûre. Lorsqu'on s'intéresse également aux processus de production, on voit qu'il recouvre beaucoup plus de choses. La structure cadre peut être réalisée jusque dans la production d'un nombre de pièces moyen. La nouvelle architecture du véhicule permet en outre des processus de production totalement nouveaux et à la fois plus simples, plus souples et moins gourmands en énergie.



5. Le PRFC – un matériau d'avenir.

Le plastique à renfort fibre de carbone (PRFC) ne peut être comparé aux matériaux conventionnels. Ce matériau composite unique possède de nombreuses particularités intéressantes en association singulière. Le PRFC se compose d'une fibre de carbone scellée dans une matrice de plastique (résine). Il s'agit donc d'un matériau extrêmement stable et en même temps très léger qui, à fonction au moins égale, est moitié plus léger que l'acier. Par ailleurs, il ne craint pas la corrosion, les acides ou les solvants organiques, ce qui en fait un matériau à la longévité nettement plus importante que le métal. Enfin, quelles que soient les conditions climatiques le PRFC ne se détériore pas et se déforme peu lorsqu'il est soumis à de fortes différences de température.

Le PRFC possède de surcroît une faculté d'absorption de l'énergie qui est impressionnante, ce qui le rend très peu sensible aux dommages. Il est ainsi le matériau le plus léger que l'on puisse utiliser en carrosserie sans aucune perte de sécurité. Le secret de ce matériau très robuste, c'est la fibre de carbone. Elle est pour ainsi dire indéchirable et a une capacité de charge très importante le long du sens de la fibre. Cette particularité permet un façonnage sur mesure des pièces de construction en termes de résistance à la sollicitation. A l'instar de la nature qui fixe le matériau dans les os ou les plantes uniquement là où cela est nécessaire, les experts placent les fibres en quantité adéquate le long du/des futur(s) sens de sollicitation. La pièce est ainsi précisément conçue pour répondre aux exigences futures et en même temps elle est très légère.

La compétence technologique de BMW Group.

Grâce au développement intense des procédés et du matériau, BMW Group a acquis au cours des dix dernières années une grande compétence dans les processus de fabrication spécifiques au PRFC, dans la bonne utilisation des outils et dans l'optimisation de la durée des cycles. Les spécialistes PRFC de BMW Group sont ainsi parvenus à développer et automatiser le processus de fabrication des pièces en PRFC dans l'usine de Landshut au point de permettre désormais une production en grande série à la fois



économique et de très haute qualité des composants de carrosserie à base de matériaux renforcés de fibre de carbone. Dès 2003 BMW Group avait entamé des recherches pour mettre au point une nouvelle génération de pièces en PRFC produites en série de façon extrêmement moderne et avec des durées de cycle très courts.

De la fibre à la toile non tissée.

Le point de départ de la production de PRFC, c'est ce qu'on appelle le précurseur, une fibre textile en polyacrylonitrile. On retrouve cette fibre entre autres dans les textiles polaires. Au cours d'un processus complexe en plusieurs étapes dans lequel le matériau est soumis à différentes températures et pressions, tous les éléments de la fibre sont dissociés sous forme de gaz jusqu'à obtenir une fibre de seulement sept microns en carbone quasiment pur et à la structure graphite stable. Le diamètre de cette fibre (seulement 0,007 millimètre) correspond à un dixième du diamètre d'un cheveu. Par conséquent, pas moins de 50 000 de ces filaments sont rassemblés en « rovings » (stratifili) ou « heavy tows » pour pouvoir être exploités ensuite dans des pales d'éoliennes par exemple. C'est à partir de ces paquets de fibres que sont ensuite confectionnées les toiles spéciales non tissées en fibre. On ne tisse pas les fibres car la courbure engendrée par le tissage atténuerait leurs particularités remarquables. C'est l'alignement spécifique des fibres les unes à côté des autres sur un plan qui garantit à une pièce en PRFC des propriétés optimales.

Préformage et assemblage.

Au cours du processus de préformage, on donne un contour tridimensionnel à l'intissé taillé selon les besoins, mais encore plat. Plusieurs de ces paquets multicouches préformés (ébauches préformées) pourront être assemblés ultérieurement pour constituer une pièce plus grosse. Cela permet de réaliser en PRFC par exemple des pièces de carrosserie de grande dimension très intégrées normalement réalisées en aluminium ou en tôle d'acier au prix d'un important travail. Pour rendre maniable cet intissé encore souple, de telle sorte que la forme de l'ébauche reste stable et que les ébauches puissent être liées précisément lors de l'assemblage, BMW Group a acquis une compétence technologique précieuse au fil des années.



Des résines sous haute pression grâce au Resin Transfer Moulding (RTM).

A l'étape suivante, les pièces préformées sont soumises à une injection de résine également appelée imprégnation. Car c'est seulement l'association des fibres avec la résine et le durcissement consécutif qui confèrent au matériau sa robustesse et donc ses propriétés exceptionnelles. Lors du processus RTM (Resin Transfer Moulding), la résine est injectée sous haute pression dans les ébauches préformées. L'imprégnation des fibres par la résine est un processus très complexe soumis à des exigences contraires. Ainsi, la résine doit d'une part pénétrer très rapidement dans l'ensemble du matériau et atteindre toutes les fibres jusqu'au niveau microscopique, et d'autre part, elle doit durcir le plus rapidement possible dès que le matériau en est entièrement imprégné. Un agent de démoulage doit en outre garantir un détachement des pièces résinifiées de leur moule sans les abîmer et sans altérer la combinaison fibres-résine. A la fois résoudre et réaliser ces contradictions est très compliqué. BMW Group a mis au point ses propres concepts en matière de procédés, d'outils et d'installations. Ils sont conçus pour régler ce conflit d'objectifs et permettre une productivité importante tout en garantissant une qualité très élevée.

Le travail de finition la découpe au jet d'eau.

Une fois l'injection de résine et le durcissement terminés, il ne reste plus que les travaux de finition : une découpe propre du contour de la pièce et la réalisation des ouvertures manquantes. Comme la pièce en PRFC a déjà toute sa stabilité et sa robustesse après application de résine, BMW Group réalise alors les travaux de finition dans une machine de découpe au jet d'eau. Contrairement aux têtes de fraisage conventionnelles, la découpe au jet d'eau permet un découpage et un perçage sans usure. Pour assurer un résultat optimal, les experts ont amélioré le procédé spécialement pour le traitement du PRFC.

Recyclage et production d'énergie renouvelable.

BMW Group réfléchit au-delà du cycle du produit et a élaboré, grâce à sa grande connaissance de la matière, un concept de recyclage unique au monde pour les déchets de production purs au point de les rendre exploitables pour la série. Une part considérable des fibres peut ainsi être réutilisée. Grâce à un procédé de préparation spécial, on obtient de



nouveau un textile qui peut remplacer les fibres primaires. Le souci écologique dans le domaine du PRFC ne s'exprime pas chez BMW Group uniquement dans le recyclage. Dès la production des fibres de carbone, BMW Group veille, dans le cadre de son joint venture avec SGL ACF (Automotive Carbon Fibers), à ce que l'énergie nécessaire à sa nouvelle usine de Moses Lake (USA) provienne exclusivement de ressources renouvelables. Cette usine servira également de référence en matière d'efficacité énergétique.

Une approche globale pour un résultat optimal.

Les processus, matériaux, installations et outils ont été tellement peaufinés par les ingénieurs et les experts en PRFC au cours de ces dix dernières années qu'il est désormais possible de produire en grande série des pièces en PRFC. Les spécialistes du PRFC ont toujours eu en ligne de mire l'ensemble de la chaîne de production et de création de valeur. De la production des fibres au recyclage, BMW Group a toujours eu une influence particulière sur la totalité des processus. Car c'est la seule manière d'être sûr que ses exigences élevées en termes de qualité et de déroulement des process sont satisfaites.

Grâce à une évolution conséquente des process, des installations et des collaborateurs dans l'optique durable d'une utilisation en (grande) série, BMW Group a acquis une compétence technologique unique. Car BMW Group n'entend pas confiner dans des utilisations marginales le PRFC qui est la technologie de l'avenir dans la construction automobile.

«Le PRFC est pour nous le matériau de l'avenir». (Norbert Reithofer)

Pour de plus amples informations, veuillez vous adresser à :

Tobias Hahn, Technologiekommunikation

Téléphone : +49-89-382-60816, Fax : +49-89-382-28567

Internet : www.press.bmwgroup.com

Courriel : presse@bmw.de

