

Journées de l'innovation BMW i 2013. Table des matières.



1 Journées de l'innovation BMW i 2013.	
(Résumé)	2
2 Journées de l'innovation BMW i 2013.	
(Version longue)	
2.1 Début d'une nouvelle ère – la construction automobile se met au PRFC.	5
2.2 Rigueur sur le plan du développement durable: la production de la BMW i3 à Leipzig fait appel à une alimentation électrique sans émission de CO ₂	12
2.3 Électromobilité: la voie est libre.	15
2.4 Sécurité et réparation du PRFC.	23

1 Journées de l'innovation BMW i 2013. (Résumé)



BMW Group commercialisera avant la fin de l'année la BMW i3, une voiture électrique de série qui incarnera une nouvelle mobilité durable dans l'environnement urbain. Première voiture électrique premium, la BMW i3 relèvera ainsi les défis sociétaux, écologiques et économiques de notre époque. Le concept qui repose sur une architecture automobile à ce jour inédite n'exige pas seulement la mise en œuvre de matériaux de construction légère, mais aussi des méthodes de production innovantes. Là aussi, le développement durable joue un rôle éminent pour BMW Group. La BMW i3 a été le premier projet automobile auquel ont été fixés des objectifs de développement durable poursuivis avec autant de rigueur que les objectifs de poids, de qualité ou de coût. Ceci étant, le constructeur vise aussi à minimiser les répercussions de la production sur l'environnement. C'est pourquoi l'accent a été mis sur des aspects tels que l'approvisionnement en énergie et la consommation d'eau, les émissions de solvants et le retraitement des déchets.

Production de fibres de carbone à l'aide d'énergie éolienne et hydraulique.

Dès la production et la transformation des matières plastiques renforcées par fibres de carbone (PRFC), BMW attache la plus grande importance au respect de l'environnement et à l'économie des ressources naturelles ainsi qu'à une alimentation en courant produit dans toute la mesure du possible à partir d'énergies renouvelables. De ce fait, BMW Group garde la main sur toutes les opérations du processus, depuis la production des fibres jusqu'au recyclage des fibres et des composites. En témoigne très clairement la chaîne de production ultramoderne du PRFC qui commence à Moses Lake aux États-Unis, passe par Wackersdorf et Landshut, jusqu'à la finition à Leipzig. À Moses Lake par exemple, l'énergie électrique requise est à 100 pour cent d'origine hydraulique, alors qu'à l'usine de Leipzig, les besoins en courant électrique sont entièrement couverts grâce à l'énergie éolienne produite sur place.

Usine BMW de Leipzig: 100 pour cent de l'électricité d'origine éolienne.

C'est à plus d'un égard que l'Usine BMW de Leipzig est un site unique en son genre. Ainsi, l'énergie électrique nécessaire à la production automobile est produite directement sur place à partir d'énergie éolienne. Les quatre éoliennes implantées sur le terrain de l'usine fournissent plus de courant qu'il

ne faut pour la production des modèles BMW i à Leipzig. Outre l'alimentation électrique sans CO₂, l'usine se distingue par d'autres caractéristiques inégalées : par rapport à la production BMW, en moyenne déjà très efficace, la production de la BMW i y consomme 50 pour cent d'énergie et 70 pour cent d'eau en moins.

Fabrication de PRFC de série : fiabilité élevée des processus, cadences élevées.

La production de série de la BMW i3 à l'Usine BMW de Leipzig fixe de nouvelles références qui ne concernent pas que la protection de l'environnement. L'utilisation de composants en carbone est unique dans la construction automobile de grande série. En effet, la mise en œuvre du PRFC à grande échelle a été considérée jusqu'ici comme trop chère et leur transformation et leur fabrication comme trop longues et trop peu flexibles. Mais fort de plus de dix ans de recherche intense et d'optimisation des processus, des matières mises en œuvre, des installations et des outillages, BMW Group est aujourd'hui le seul constructeur automobile à disposer du savoir-faire requis pour utiliser le PRFC dans la construction de grande série. Le processus est d'ailleurs unique en son genre et les cadences sont étonnamment rapides, même pour des composants PRFC complexes. Il en va de même des procédés de collage spécialement mis au point pour l'assemblage entièrement automatique des différentes pièces dans le hall de construction des caisses.

Concept de recyclage unique au monde.

Enfin, dans le cadre des travaux d'étude portant sur la BMW i, BMW Group a développé, jusqu'à la mise en œuvre en série, un concept de recyclage unique au monde pour les composants PRFC, les pièces de carrosserie et les déchets de production triés. Les matériaux haut de gamme recyclables sont retraités selon différentes méthodes et soit réinjectés dans le processus de production soit mis en valeur dans d'autres applications afin de réduire le recours aux ressources naturelles précieuses. BMW a aussi prévu de réutiliser judicieusement les accumulateurs d'énergie hors d'usage.

Électromobilité : la voie est libre.

Atteignant une autonomie de 160 kilomètres, la BMW i3 répond à 99 pour cent des exigences de mobilité de ses utilisateurs dans les grandes agglomérations. Recharger la voiture est des plus simples et peut se faire tant à la maison que sur le lieu de travail ou sur une borne de recharge publique. Sous le label 360° ELECTRIC, BMW i propose aussi une gamme complète de produits et de services répondant aux divers besoins des clients. Enfin, BMW i travaille d'arrache-pied avec différents partenaires pour faire avancer

l'extension de la structure de recharge publique, systèmes de réservation et de paiement conviviaux compris.

eDrive : fiabilité, sécurité, longévité.

La fiabilité et la sécurité des composants électriques jouent bien évidemment un rôle important pour BMW Group. Il est donc bon à savoir que la durée de vie de la batterie lithium-ion de la BMW i3 est au moins aussi longue que celle d'une voiture. S'en portent garants, par exemple, une gestion de batterie intelligente et un système de chauffage/refroidissement efficace, spécialement développé pour cette voiture. Comme tous les véhicules BMW, la BMW i3 répond d'ailleurs aux exigences élevées du constructeur qui vont au-delà des dispositions légales.

Facilité d'entretien et de réparation au niveau connu.

Même dans le cas très improbable d'une panne, il est possible de dépister les composants défectueux et de remplacer certains modules ou bien la batterie complète. Il en va à peu près de même des dommages qu'un accident peut causer sur la carrosserie. La facilité de réparation de la BMW i3 était en effet inscrite tout en haut de la liste des impératifs définis par le cahier des charges, dès la phase de conception. Ainsi, BMW a développé des méthodes de réparation rapides spécifiques à l'habillage extérieur en matière plastique et aux composants PRFC de la BMW i3. En tout, les frais de remise en état après un accident sont comparables à ceux d'une BMW Série 1.



2 Journées de l'innovation BMW i 2013. (Version longue)

2.1 Début d'une nouvelle ère – la construction automobile se met aux PRFC.

La construction légère rigoureuse est d'une grande importance surtout sur les voitures à moteur électrique car, outre la capacité de la batterie, le poids du véhicule est un facteur qui limite l'autonomie. Plus une voiture est légère et plus son autonomie sera grande, ne serait-ce que parce que le moteur électrique doit mettre en mouvement moins de masse à l'accélération. Et en ville, les phases de freinage et d'accélération s'enchaînent rapidement. Toutefois, un poids réduit n'augmente pas seulement l'autonomie, mais il se traduit aussi par une consommation d'énergie moindre et un gain de dynamisme. Enfin, la batterie peut être plus petite.

Production du PRFC à l'échelle industrielle.

Pour compenser le surpoids des composants électriques, BMW i mise donc systématiquement sur la construction légère et une utilisation innovante des matériaux choisis. La conception et la production des voitures ont par ailleurs été entièrement redéfinies d'emblée. Le module Life – soit l'habitacle de la future BMW i3 – est réalisé essentiellement en matière plastique renforcée par fibres de carbone, ou PRFC en abrégé. La mise en œuvre à cette échelle de ce matériau high-tech à la fois léger et résistant en cas de collision est unique dans la construction automobile de grande série, parce que l'emploi généralisé du PRFC a été considéré jusqu'ici comme trop cher et sa transformation et sa fabrication comme trop longues et trop peu flexibles. Mais BMW a reconnu très tôt le potentiel inhérent à ce matériau. Fort de plus de dix ans de recherche intense et d'optimisation des processus, des matières mises en œuvre, des installations et des outillages, BMW Group est aujourd'hui le seul constructeur automobile à disposer du savoir-faire requis pour utiliser le PRFC à l'échelle industrielle dans la construction de grande série. La fiabilité actuelle des processus, les cadences rapides et la qualité élevée des composants PRFC ainsi produits témoignent du degré de maturité atteint par le processus de production.

Reste néanmoins que les matériaux de construction légère, tels que l'aluminium ou les fibres de carbone, nécessitent plus d'énergie pour leur production que par exemple l'acier. Pour la production et la transformation, BMW attache de ce fait la plus grande importance à l'économie des ressources naturelles et à une alimentation en courant électrique largement exempte de CO₂. Dans ce contexte, la consommation d'énergie et d'eau, les eaux industrielles usées, les émissions de solvants et le retraitement des

déchets comptent parmi les objectifs essentiels. À cet égard, les économies réalisées sont la conséquence directe du nouveau concept de fabrication. « Propriétaire » de toutes les étapes du processus, BMW Group occupe avec la co-entreprise SGL Automotive Carbon Fibers (ACF) une position unique dans l'industrie – de la production des fibres à leur recyclage et à celui des composites (cf. chap. 2.4).

Moses Lake : production des fibres de carbone avec de l'énergie hydraulique.

C'est à partir d'une fibre textile thermoplastique de polyacrylonitrile, appelée précurseur, que la société SGL ACF fabrique les fibres de carbone à Moses Lake aux États-Unis. Tout d'abord, tous les éléments de la fibre textile sont soumis à un procédé complexe sous gaz comprenant plusieurs étapes pour être dissociés jusqu'à obtenir une fibre de structure graphitique stable constituée de carbone quasiment pur. Son diamètre n'est que de sept micromètres (0,007 millimètre). À titre de comparaison : un cheveu d'homme fait environ 50 micromètres. Pour l'utilisation dans la construction automobile, quelque 50 000 filaments individuels sont ensuite regroupés en stratifils, également appelés « rovings » ou « heavy tows », qui sont à leur tour embobinés pour le traitement ultérieur. Outre les applications automobiles, les assemblages de fibres de l'épaisseur susmentionnée sont aussi utilisés pour les grandes pales des rotors d'éoliennes, par exemple.

Dès la fabrication des fibres de carbone à Moses Lake, l'énergie requise est produite exclusivement à partir d'énergie hydraulique disponible sur place et est, donc, entièrement exempte de CO₂. L'usine ultramoderne installée dans l'État américain de Washington s'impose aussi en référence sur le plan de l'efficacité énergétique. L'économie d'équivalent CO₂ (potentiel d'émission de gaz à effet de serre) est d'environ 50 pour cent par rapport à la production conventionnelle du PRFC. Afin que la BMW i3 puisse quitter les chaînes de montage de Leipzig fin 2013 comme prévu, la production des fibres high-tech ultralégères a démarré dès la fin de l'année 2011. Deux lignes de production d'une capacité actuelle de 1 500 tonnes par an assurent l'approvisionnement requis. Ainsi, ces installations débitent dès aujourd'hui quelque 10 pour cent de la production mondiale de PRFC.

À ce jour, les deux sociétés mères, BMW Group et SGL Group, ont investi environ 100 millions de dollars américains dans les installations de production de Moses Lake et créé 80 emplois.

Wackersdorf: transformation en mats textiles.

Sur le deuxième site de la co-entreprise, le Parc d'innovation de Wackersdorf, les stratifils produits à Moses Lake sont transformés en des mats textiles légers. Contrairement à des tissus, les fibres ne sont pas entrecroisées ou tissées, mais disposées à plat les unes à côté des autres. Dans un tissu, les fibres seraient tordues, ce qui réduirait en partie leurs propriétés remarquables. En effet, c'est l'orientation des fibres dans le mat qui confère ses qualités optimales au composant qu'il formera.

Après un investissement de 20 millions d'euros et la création d'une centaine d'emplois, le site de Wackersdorf est désormais en mesure de produire plusieurs milliers de tonnes de mats de fibres de carbone par an. Ces mats constituent le matériau de base utilisé pour la fabrication de pièces et de composants en PRFC dans les Usines BMW de Landshut et de Leipzig.

Landshut: transformation en composants PRFC.

Les mats de fibres de carbone fournis par Wackersdorf sont transformés en pièces de carrosserie en PRFC dans les ateliers de fabrication de Landshut et de Leipzig. À Landshut, les spécialistes de BMW Group ont réussi au cours des dix dernières années à perfectionner et à automatiser le procédé de fabrication des composants PRFC de sorte à permettre aujourd'hui une production en grande série non seulement de haute qualité mais aussi économique et très fiable. Cela fait déjà un bon moment que les toits des modèles BMW M3 et M6 ainsi que les supports de pare-chocs de la M6 sont réalisés à Landshut en PRFC selon un procédé industriel.

Après avoir bénéficié d'un investissement de 40 millions d'euros et après le démarrage de la production carbone en mars 2012, le site de Landshut est considéré comme étant le Centre d'innovation et de production majeur pour les composants en PRFC. Pour garder le savoir-faire technique approfondi dans la transformation de matériaux de construction légère innovants, l'Usine de Landshut mise sur la formation de sa propre relève. C'est ainsi que le nombre d'apprentis est passé à 40 jeunes par an.

Leipzig: fabrication en interne de matériaux à formulation variable.

Le nouvel atelier d'emboutissage de l'Usine de Leipzig fait appel à la technologie la plus moderne qui soit pour l'utilisation de PRFC dans la construction automobile et devient ainsi atelier d'emboutissage et de moulage. Désormais, BMW produit ses propres composites à fibres de carbone dans une installation dimensionnée pour une production industrielle à grande échelle. Dans le nouvel atelier, la formulation, soit la composition, la résistance et la géométrie des composants PRFC, peut à tout instant être modifiée et adaptée individuellement pendant le processus de fabrication, en

fonction des consignes données par les concepteurs. Dans le processus dit de préformage, le mat de fibres de carbone découpé livré par Wackersdorf est d'abord mis en forme. Un outil chauffant confère sa forme tridimensionnelle stable aux mats stratifiés. Ensuite, plusieurs préformés bruts peuvent être assemblés pour former un composant plus grand. Cela permet par exemple de réaliser des pièces de carrosserie de grandes dimensions qu'il serait difficile de fabriquer en aluminium ou en tôle d'acier. Après la confection et le préformage, suit l'application de résine sous haute pression selon la technologie RTM (**R**esin **T**ransfer **M**oulding ou moulage par injection). Ce procédé connu de l'aviation et de l'aérospatiale, ainsi que de la construction de bateaux et d'éoliennes, consiste à injecter de la résine liquide sous haute pression dans les préformés bruts. Le matériau doit sa rigidité et ses excellentes propriétés à la liaison se formant entre les fibres et la résine et au durcissement consécutif.

La production de PRFC à l'échelle industrielle a démarré.

La presse maintient ensuite le moule en position fermée avec une force allant jusqu'à 4 500 tonnes, suivant des paramètres de température, de pression et de temps exactement définis par nos experts, jusqu'à ce que la résine forme une liaison intime avec le durcisseur et qu'elle soit entièrement durcie. Grâce à ce procédé de fabrication spécifique, propre à BMW, il est possible de faire l'impasse sur une longue étape de durcissement supplémentaire, qui se déroule normalement dans un four séparé placé en aval de l'étape de compression du PRFC.

Le nouvel atelier spécialement conçu pour les PRFC ne peut plus être comparé à un atelier d'emboutissage conventionnel pour tôles d'acier. Les investissements spécifiques à la production présentent une structure nettement allégée. Ainsi, par exemple, la suppression d'un atelier de peinture classique et de la cataphorèse a permis une réduction sensible des coûts de construction.

Le procédé de production est porteur d'avenir, il fait gagner énormément de temps et permet d'envisager de manière réaliste la production de composants en composite PRFC de grandes dimensions à l'échelle industrielle. Seul ce procédé permet de sortir des pièces moulées en moins de 10 minutes.

Même les ensembles complexes, tels qu'un côté de caisse complet pour le module Life de la BMW i3, quittent l'installation avec nombre d'éléments structurels intégrés – dans une qualité impeccable, avec une fonctionnalité parfaite et une précision d'ajustage élevée. Ne restent que des travaux de finition, comme la découpe propre des contours de la pièce et la réalisation de trous manquants. À cet effet, les pièces sont usinées avec une installation de découpe au jet d'eau spéciale, puis elles sont sablées et les surfaces à coller sont grattées pour la suite des opérations.

Pour un côté de caisse conventionnel en tôle d'acier il faudrait, contrairement à une pièce moulée en PRFC, assembler plusieurs composants intérieurs et extérieurs les uns après les autres. Prise dans son ensemble, une architecture normale en tôle d'acier nécessite nettement plus de pièces pour la carrosserie et pèserait ainsi, rien que par sa conception, plus lourd que le module LifeDrive de la BMW i3.

Révolution dans la construction des caisses avec de nouveaux outils de précision.

Les nouveaux composants en composite PRFC produits dans le nouvel atelier de moulage de Leipzig, ainsi que les pièces en PRFC fournies par l'atelier de moulage de Landshut, sont assemblés dans le nouveau hall de construction des caisses. C'est ici que le corps de base du module Life d'une BMW i3 prend naissance à partir d'environ 150 éléments, soit un tiers de moins que dans une conception conventionnelle en tôle d'acier. Il n'y a pas de nuisance acoustique due au vissage ou au rivetage, ni d'étincelles jaillissant au soudage, car toutes les pièces sont assemblées selon les méthodes de collage les plus modernes, automatisées à 100 pour cent. Il s'agit d'une technologie que BMW est seul à maîtriser. Lors du processus d'assemblage unique développé par BMW, les différents composants sont joints sans contact, avec un joint de collage de 1,5 millimètre afin de garantir une tenue optimale après le collage. Avec cette nouvelle méthode de fabrication, toutes les pièces de raccordement ont la même distance les unes par rapport aux autres dans le module Life si bien que la quantité de colle appliquée est partout la même. Seule cette précision permet de garantir une transmission parfaite des efforts parmi les différents composants PRFC et, par là, un niveau de qualité maximal dans la production de grande série. Il en résulte pour chaque voiture un cordon de colle exactement défini de 160 mètres de long pour 20 millimètres de large.

Gain de temps grâce à la colle instantanée.

D'une manière générale, la fabrication de structures de carrosserie en PRFC est aujourd'hui limitée à des véhicules spéciaux, à des bolides de course et à quelques voitures de sport extravagantes. Construits en petit nombre, le coût et le temps de production sont ici plutôt secondaires. Peu importe si le durcissement des assemblages collés prend plus d'un jour. Pour comprimer ce laps de temps pour la production de la BMW i3 en grande série, BMW a réduit le temps de durcissement de manière spectaculaire.

Ainsi, la colle de conception nouvelle ne pourra être traitée que lors des 90 secondes suivant son application, avant qu'elle ne prenne. Au bout d'une heure et demie, elle aura durci. Soit dix fois plus vite qu'une colle conventionnelle. Pour raccourcir encore plus de temps de durcissement et le

limiter à quelques minutes seulement, BMW a mis au point un processus thermique supplémentaire. À cet effet, certains points sur les pièces en PRFC à coller sont chauffés pour accélérer encore le processus de durcissement d'un facteur de 32.

Choix des coloris jusqu'à six jours avant le montage final.

La cellule en PRFC (module Life) hautement résistant réalisée à Leipzig est transférée du hall de construction des caisses au nouveau hall de montage pour le « coiffage », soit le regroupement avec le module Drive en aluminium. Le module Drive de base fourni par l'Usine de Dingolfing est complété à Leipzig, avant d'entrer dans une liaison indissociable avec le module Life par vissage et collage. Ce n'est qu'à l'issue de cette opération que la cellule Life intérieure en PRFC est habillée de sa robe extérieure en matière synthétique. Cette peau peinte est constituée de plusieurs éléments en thermoplastiques moulés par injection, tels qu'on en trouve aussi dans la construction automobile classique (boucliers avant/arrière, bas de caisse, etc. ...). Lors du montage final, ces pièces synthétiques moulées de couleur sont vissées discrètement sur la cellule Life intérieure via des supports spécifiques.

Recyclage du PRFC chez BMW i: un cycle fermé.

Dans le cadre des travaux d'étude portant sur la BMW i, BMW Group a développé, jusqu'à la mise en œuvre en série, un concept de recyclage unique au monde pour les composants PRFC, les pièces de carrosserie et les déchets de production triés. Les matériaux haut de gamme de la production, et même ceux tirés de voitures accidentées ou hors d'usage, sont réutilisés dans la construction automobile en étant soit réinjectés dans le processus de production soit mis en valeur dans d'autres applications.

Lors du retraitement de fibres de carbone, on fait la distinction entre recyclage de matériau « sec », non résiné, et de matériau composite (PRFC) « humide », imprégné de résine. Les résidus de découpe secs issus de la fabrication peuvent être retraités pour former des non-tissés textiles haut de gamme réinjectés dans le cycle de production. Dès aujourd'hui, quelque 10 pour cent des fibres de carbone mises en œuvre sur une BMW i3 sont des fibres recyclées – un processus sans égal dans l'industrie automobile mondiale.

Lors du recyclage des composites – donc le retraitement des fibres de carbonées imprégnées de résine – le PRFC est d'abord séparé par un processus industriel du mélange formé avec d'autres matières plastiques et traité par exemple dans une installation de pyrolyse. La chaleur dégagée lors de ce processus par la décomposition de la résine est mise à profit pour séparer les fibres de carbone intactes. Celles-ci peuvent ensuite être utilisées pour la fabrication de composants et réduisent ainsi le besoin en fibres

neuves. Ainsi par exemple, la coque des assises de la banquette arrière est réalisée à partir de fibres de carbone récupérées de cette manière. Elle répond à 100 pour cent aux normes de qualité BMW et pèse 30 pour cent de moins qu'une coque réalisée selon la méthode classique en mats de fibres de verre. Moulus ou coupées en fibres courtes, les PRFC et les fibres de carbone recyclés sont aussi réutilisés dans de nombreuses applications en dehors de l'industrie automobile. Ils peuvent par exemple être mis en œuvre dans l'industrie textile ou dans l'industrie électronique (pour des boîtiers de commande). L'utilisation des « fibres PRFC secondaires » fait partie intégrante d'un cycle de matériaux s'inscrivant dans le développement durable. Elle permet de ménager les ressources naturelles et de conserver des matières premières pour des applications futures.



2.2 Rigueur sur le plan du développement durable: la production de la BMW i3 à Leipzig fait appel à une alimentation électrique sans émission de CO₂.

L'agrandissement de l'Usine BMW de Leipzig se poursuit comme prévu. La production de la BMW i3 à propulsion électrique démarrera à l'automne 2013 et fera appel à une alimentation en courant totalement exempte de CO₂. Suivra au début de l'année 2014 la BMW i8, une voiture de sport à hybride rechargeable équipée d'un moteur électrique et d'un moteur thermique.

La production des modèles BMW i fixera de nouvelles références en matière de protection de l'environnement et se distinguera par une consommation d'énergie et d'eau réduite d'environ 50 pour cent et de 70 pour cent respectivement par rapport à la moyenne, déjà hautement efficace, de la production BMW. Le courant électrique requis pour la production des modèles BMW i à l'Usine de Leipzig est tiré exclusivement de l'énergie éolienne et donc à 100 pour cent issu de sources d'énergie renouvelables.

Des éoliennes destinées à approvisionner directement l'usine en courant électrique sont implantées sur le site du constructeur automobile – une première en Allemagne. Les travaux de construction de quatre éoliennes d'une puissance individuelle de 2,5 MW seront achevés dès le printemps. Le courant qu'elles produiront couvrira 100 pour cent des besoins en énergie électrique nécessaire pour la production future des modèles BMW i sur le site de Leipzig.

Les éoliennes produisent plus de courant que nécessaire pour la production à Leipzig.

Avec 26 GWh par an, les quatre éoliennes du type Nordex N100/2500 fourniront même à l'avenir plus de courant que nécessaire pour la production des modèles BMW i. L'excédent attendu, de l'ordre de 2 GWh, sera alors utilisé à d'autres fins dans l'Usine de Leipzig.

Les éoliennes seront exploitées par le leader allemand du développement de projets éoliens, la société wpd AG de Brême. L'Usine BMW de Leipzig a signé avec wpd un contrat de longue durée pour l'achat de l'électricité produite pour être directement utilisée sur le site de l'usine.

Pour le lancement commercial sans accros de la BMW i3 en 2013, BMW a aussi mis en place un nouvel atelier de moulage par compression du carbone sur son site de Leipzig auquel s'ajoute un atelier de production de pièces en matière synthétique, le hall de construction des caisses ainsi qu'un hall de

montage/hall logistique pour les nouveaux modèles. L'investissement s'élève à un total de 400 millions d'euros.

Développement durable dans toute la chaîne de création de valeur.

Pour BMW i, le développement durable a joué d'emblée un rôle éminent ; il concerne toute la chaîne de création de valeur. Ainsi, pour la BMW i3, premier projet automobile de cette marque, des objectifs de développement durable contraignants ont été fixés dès la première phase de la conception. Et ces objectifs, qui vont des achats à la distribution en passant par le développement et la production, seront atteints. Des objectifs ont été fixés non seulement au niveau du potentiel d'émission de gaz à effet de serre, appelé aussi pouvoir de réchauffement global PRG, mais aussi pour d'autres activités écologiquement importantes ainsi que pour la durabilité sociale. Ils sont atteints grâce à de nombreuses mesures innovantes dans le processus de développement, de production et de recyclage intégrant aussi des solutions élaborées dans le réseau des fournisseurs. BMW i fixe ainsi de nouveaux repères en matière de développement durable.

Écobilan exemplaire pour la BMW i3.

L'écobilan de la voiture dans son ensemble dépend de manière déterminante de la phase d'exploitation. Sur ce plan, la construction légère pourra déployer son potentiel d'économie. Car si, du point de vue énergétique, les coûts de production (batterie, construction légère en PRFC) sont supérieurs à ceux de matériaux conventionnels, ce sont justement les mesures de construction légère qui confèrent une efficacité énergétique supérieure à la BMW i3 lors de son utilisation au quotidien. Au final, le surcoût énergétique lors de la production sera rapidement compensé par l'économie d'énergie réalisée lors de la phase d'exploitation.

Objectif: une production sans émission de CO₂.

BMW Group contrôle dès le début les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie pour la fabrication. La BMW i3 témoigne de manière particulièrement impressionnante du succès de ces efforts : sur tout le cycle de production et de vie, production de courant en Europe comprise (bouquet énergétique UE 25), cette voiture électrique affiche un potentiel d'émission de gaz à effet de serre (équivalent CO₂) inférieur d'au moins un tiers à celui d'un véhicule à moteur thermique hautement efficace comparable. Lorsque l'énergie pour faire fonctionner la voiture est produite à partir d'énergies renouvelables, telles que l'éolien ou l'hydraulique, le pouvoir de réchauffement global peut même être abaissé de plus de 50 pour cent au moins.

BMW i bouleverse la construction automobile.

La production des automobiles de la famille BMW i fixe des références au-delà de la mise en œuvre de matériaux innovants, de l'économie de ressources naturelles et de l'industrialisation de l'électromobilité. En effet, le concept sur lequel il repose est tout aussi révolutionnaire. L'architecture des voitures avec le module LifeDrive et l'habitacle en fibres de carbone du module Life permettent de lancer un processus de production d'un nouveau type qui fait l'impasse sur les opérations traditionnelles d'emboutissage et de peinture. Les méthodes d'assemblage sont également uniques : les technologies classiques sont remplacées par un collage high-tech.

Le travail des opérateurs dans la production s'en trouve par ailleurs nettement facilité. Grâce à la nouvelle architecture des voitures, les postes de travail sont plus ergonomiques et le montage est sensiblement moins bruyant. De plus, les halls de production sont éclairés par de la lumière naturelle.

« Certificat Leed Gold » pour des bâtiments répondant aux principes du développement durable.

Le Green Building Council (Conseil de Construction Verte) des États-Unis, un organisme de renommée mondiale, a déjà décerné le « Certificat LEED Gold » (**L**eadership in **E**nergy and **E**nvironmental **D**esign) pour la construction durable des nouveaux bâtiments érigés à Leipzig.

Des mesures techniques ont permis de réduire la consommation d'énergie dans les halls de manière considérable. Grâce à une gestion intelligente du système d'aération, les halls de production bénéficient plusieurs fois par jour d'un échange d'air complet moyennant les lanterneaux supérieurs et latéraux du toit des halls. L'aération naturelle réduit les nuisances olfactives et les poussières dans le hall de construction des caisses ainsi que dans le hall de montage et permet de refroidir l'atelier d'emboutissage et de moulage où il fait chaud. Tout le système d'aération et de ventilation se passe de ventilateurs et installations de climatisation supplémentaires. De plus, des feuilles blanches appliquées sur les bandes vitrées du toit des halls réfléchissent la lumière du soleil et réduisent ainsi le recours à l'éclairage artificiel. Les nouveaux bâtiments érigés à Leipzig s'imposent donc aussi en référence sur le plan écologique dans l'industrie automobile.

2.3 Électromobilité: la voie est libre.



L'alimentation en énergie de la BMW i3 est assurée par une batterie lithium-ion hautes performances spécialement conçue à huit modules et 96 cellules. Compacte, elle est logée dans le plancher de la voiture où elle est parfaitement protégée. Cet accumulateur d'énergie a été sans cesse optimisé au cours du développement pour atteindre un équilibre optimal entre puissance, autonomie, poids et durée de vie. La durée de vie des cellules d'accumulateur correspond à celle de la voiture. Avec un accumulateur entièrement chargé, la BMW i3 peut parcourir jusqu'à 160 kilomètres dans les conditions quotidiennes avant de devoir s'arrêter à la borne de recharge. La BMW i3 servira surtout en ville et pour faire la navette entre la maison et le bureau, mais comme l'ont prouvé nos essais avec la MINI E, elle se prête aussi à un usage à la campagne. Après avoir analysé plus de 20 millions de kilomètres parcourus dans dix pays par plus de 1000 clients essayeurs avec la MINI E et la BMW ActiveE, nous pouvons dresser un bilan clair : environ 90 pour cent de tous les trajets quotidiens couvrent une distance moyenne de quelque 45 kilomètres, si bien qu'une BMW i3 entièrement chargée répond dans une large mesure aux besoins quotidiens de ses utilisateurs dans les grandes agglomérations. Des batteries plus grandes permettraient, certes, des autonomies supérieures en tout électrique, mais ce serait aujourd'hui au prix d'un surpoids, d'un surcoût et d'un dynamisme réduit.

Faire le plein d'énergie : en tout confort à la maison, au travail ou durant le trajet.

Dans la pratique, recharger la BMW i3 est extrêmement simple et dès aujourd'hui, de nombreuses personnes peuvent bénéficier de l'électromobilité en tout confort au quotidien. Une fois branché sur la borne de recharge domestique – qu'il s'agisse de la prise de courant classique ou du boîtier mural BMW i –, l'accumulateur d'énergie de la BMW i3 se recharge entièrement en six heures (minimum), un chargeur rapide public moderne le recharge à 80 pour cent en l'espace de 30 minutes. La pause midi ou le temps de faire les courses en ville suffit alors pour injecter dans l'accumulateur du courant pour parcourir 120 kilomètres de plus.

360° ELECTRIC.

Pour une utilisation optimale de la BMW i3, BMW i propose une vaste gamme de produits et de services couvrant les besoins individuels des clients au-delà de la voiture. Le pack complet 360° ELECTRIC permet de bénéficier de manière particulièrement fiable, confortable et flexible des atouts de l'électromobilité au quotidien. Dans tous les cas, c'est le client qui décide des

propositions qu'il souhaite utiliser. Le portefeuille de 360° ELECTRIC repose sur quatre piliers et comprend essentiellement quatre volets : recharge chez soi, recharge aux bornes publiques, assurance mobilité et intégration de concepts de mobilité innovants pour s'affranchir des restrictions d'autonomie.

Home Charging : recharge confortable à domicile.

Quant aux clients disposant d'un garage ou d'une place de parking privée, BMW i leur offre des solutions sur mesure, permettant de recharger la voiture en toute sécurité et confort et en très peu de temps. À cet effet, BMW i a signé en janvier 2013 un partenariat d'envergure avec Schneider Electric et The Mobility House (TMH). Objectif de la coopération : proposer, pour le lancement commercial de la BMW i3, des solutions de recharge performantes et conviviales permettant de refaire le plein d'énergie dans son propre garage. L'accord comprend des prestations comme l'analyse de l'installation domestique du client chez lui, la livraison et le montage de la borne de recharge (le boîtier mural BMW i) ainsi que l'entretien, les conseils et d'autres prestations de service.

BMW i soutient aussi l'utilisation de courant électrique produit à partir de sources d'énergie renouvelables et, de concert avec des partenaires triés sur le volet, le constructeur propose différents bouquets d'énergie verte. Dans le cadre d'une coopération stratégique entre les sociétés BMW AG et Naturstrom AG, les clients en Allemagne auront désormais la possibilité de s'abonner à un bouquet de courant propre pour alimenter leur BMW i3. Naturstrom AG ne fournissant que du courant produit à partir d'énergies renouvelables avec une part très élevée d'énergie éolienne, le fonctionnement de la voiture électrique sans émissions de CO₂ est donc garanti. BMW i accorde aussi son soutien lorsque le client décide par exemple d'installer un abri voiture équipé de panneaux solaires.

Perspective d'avenir : recharge inductive.

Alors que la recharge à l'aide d'un câble et du boîtier mural a désormais évolué pour devenir la norme, BMW Group planche déjà sur de nouvelles options supplémentaires. À titre d'exemple, citons la recharge inductive qui fonctionne sans câble ni prise. Avec cette technologie, la voiture électrique se gare au-dessus d'une plaque de recharge intégrée au sol, l'énergie étant alors transmise sans contact, via un champ électromagnétique. Une telle solution est théoriquement concevable pour le garage à domicile, mais elle pourrait aussi à l'avenir être reprise dans le domaine public – sous formes de plaques intégrées au sol dans les rues et les parkings publics.

Au début du développement de la BMW i3, les unités de chargement embarquées disponibles étaient trop grandes et trop lourdes et auraient

inutilement limité l'autonomie des voitures. Mais entre-temps, les chercheurs de BMW Group ont réussi à réduire au dixième les dimensions et le poids de la plaque de recharge embarquée. Grâce à la technologie ultramoderne des résonateurs, il est possible de réaliser des systèmes nettement plus petits hautement efficaces et sûrs. Pour que la recharge par induction soit accessible aux véhicules de différents constructeurs, il faudrait, si possible, introduire une norme harmonisée à l'échelle mondiale. Dans ce but, BMW Group a mis sur pied avec d'autres constructeurs allemands un groupe de travail œuvrant dans le cadre de la commission DKE/VDE et est en contact avec différents constructeurs à l'échelle internationale.

Recharge publique : refaire le plein en route.

Celui qui ne peut recharger sa BMW i3 ni chez soi ni au lieu de travail, trouvera également des solutions individuelles chez 360° ELECTRIC. BMW i offre à ses clients un accès fiable à l'infrastructure de recharge publique en coopération avec des exploitants de parkings couverts et de bornes de recharge publiques. Dans ce contexte, BMW i promeut avec ses partenaires la mise en réseau avec le smartphone et le système de navigation, afin que les utilisateurs puissent profiter d'éléments de confort, tels que l'affichage des bornes de recharge disponibles ou des méthodes de paiement aussi simples que transparentes par carte ChargeNow. La carte ChargeNow donne accès à toutes les stations de recharge des partenaires et au paiement sans espèces. Sur tous les marchés BMW i, elle regroupe un nombre maximal de prestataires de stations de recharge dans l'espace public, si bien que le client peut accéder aux bornes des différents prestataires avec une seule carte et reçoit une seule facture établie par BMW i.

L'Allemagne compte à elle seule plus de 70 opérateurs de bornes de recharge publiques qui appliquent à l'heure actuelle différents systèmes de paiement et de service. Une harmonisation est donc indispensable. La carte ChargeNow est le produit BMW i qui représente dès aujourd'hui une solution intelligente pour le client. Le défi consiste désormais à développer des propositions globales en coopération avec tous les partenaires impliqués.

L'ensemble de solutions présenté récemment par la société Hsubject GmbH, une co-entreprise entre BMW Group, Bosch, Daimler, EnBW, RWE et Siemens, est un exemple actuel de mise en réseau de l'infrastructure de recharge publique. La société conjointe permet aux fournisseurs de prestations dans le domaine de l'électromobilité d'ajouter l'eRoaming, soit le roaming dans l'électricité, à leur gamme des produits. En signant un seul contrat, les conducteurs de voitures électriques auront ainsi accès à tout point de recharge public d'un réseau européen en train de se mettre en place – que le client BMW i pourra utiliser avec la carte ChargeNow. Dès lors, recharger

les voitures électriques sera aussi simple que retirer de l'argent à un distributeur automatique de billets de banque. L'accès à la borne de recharge passe par un code QR standardisé qui déclenchera et arrêtera l'opération de recharge via une fonction de scannage et une application téléchargée sur le smartphone.

Bientôt une réalité : de Munich à Leipzig en tout électrique.

Un projet conjoint entre BMW Group et ABB, Deutsche Bahn, EIGHT, RWE, l'Université de Bamberg, l'Université de la Bundeswehr à Munich et l'Université technique de Dresde, bénéficiant de subventions publiques, prévoit l'installation au BMW Welt à Munich d'une station de recharge rapide pour véhicules électriques. Elle sera inaugurée au milieu de l'année et offrira aux utilisateurs deux points de recharge conformes au Système de recharge combiné CCS, ou Combo, sur lequel les constructeurs automobiles européens sont tombés d'accord dans le souci d'adopter un standard commun. Outre la recharge connue avec du courant alternatif, le système CCS permet la recharge ultrarapide avec du courant continu et est adapté à la nouvelle BMW i3 ainsi qu'aux voitures électriques d'autres constructeurs.

L'installation de la nouvelle station de recharge crée un carrefour entre voitures électriques, transports publics et vélos électriques à proximité directe de la station de métro Olympiapark (Parc olympique).

Dans le cadre d'un autre projet subventionné, un consortium auquel appartiennent BMW Group, Siemens et E.ON, met en place des bornes de recharge rapide le long de l'autoroute A9. Ainsi, dès le début de l'année 2014, il sera possible de voyager de Munich à Berlin en tout électrique, avec quelques arrêts rapides pour refaire le plein d'énergie. Mais ce ne sera pas tout : un projet lancé par d'autres acteurs vise à jeter un pont entre Munich et Bratislava en passant par Salzbourg et Vienne et à poser ainsi la première pierre d'un réseau de bornes de recharge rapide transfrontalier.

Ces exemples montrent que l'infrastructure de recharge publique ne cesse de se développer afin de mieux compléter les possibilités de recharge à domicile ou sur le lieu du travail, qui sont actuellement les plus utilisées. Les utilisateurs de voitures électriques profiteront ainsi d'une flexibilité accrue et pourront aussi parcourir des distances plus longues sans rencontrer de problème. D'ailleurs, l'essai à grande échelle effectué par BMW Group a également donné des résultats intéressants dans ce contexte : avec des bornes de recharge à domicile et des bornes publiques garanties, les conducteurs essayeurs de la MINI E ont pu effectuer jusqu'à 90 pour cent des trajets prévus, avec moins de 10 pour cent de l'énergie provenant des bornes publiques.

Mobilité flexible: bien mettre à profit les alternatives.

Si l'autonomie de la BMW i3 ne suffit pas pour rallier sa destination, le client pourra faire appel à des éléments de mobilité complémentaires permettant de parcourir des distances importantes, par exemple l'utilisation passagère d'une BMW à moteur thermique ou à hybride. À cet effet, il aura la possibilité de réserver des contingents annuels individuels par le biais de 360° ELECTRIC. Le système d'autopartage DriveNow sera également à sa disposition.

La BMW i3 mise sur la variante purement électrique. Le client qui souhaite parcourir régulièrement des distances supérieures à 160 kilomètres pourra cependant aussi acquérir un prolongateur d'autonomie optionnel, qui porte le périmètre d'action de la BMW i3 à 300 kilomètres.

Services d'assistance.

Pour assurer le fonctionnement fiable de la BMW i3 au quotidien, la batterie et les autres systèmes électriques sont surveillés en permanence, y compris lorsqu'elle roule. En cas peu probable de panne, les véhicules d'assistance BMW ou les concessionnaires seront en mesure de déterminer d'éventuels composants défectueux à l'aide d'un diagnostic.

Si jamais la batterie tombait vraiment en panne, BMW i propose sur la BMW i3 un accumulateur haute tension entièrement modulaire et réparable – une première dans l'industrie automobile. Un défaut éventuel n'imposera donc pas forcément l'échange complet, mais pourra aussi être réparé chez des concessionnaires BMW i sélectionnés par remplacement de différents modules. Les mesures correspondantes, prises en rapport avec la stratégie adoptée pour les pièces de rechange, contribueront à rendre le produit plus acceptable sur le long terme, à maintenir les frais d'exploitation à un niveau favorable et à réduire les frais de garantie. Ce concept apporte donc une contribution essentielle à l'économie des ressources naturelles et à la stratégie du développement durable.

BMW a développé la batterie en interne.

Les accumulateurs haute tension pour la BMW i3 sont fabriqués sur une ligne de montage ultramoderne de l'Usine BMW de Dingolfing. Seules les cellules sont sous-traitées, pour le reste, il s'agit d'un développement élaboré entièrement en interne. Dans ce contexte, il a été possible de mettre à profit l'expérience déjà acquise avec des batteries également développées en interne et destinées aux BMW ActiveHybrid 3 et 5 ainsi qu'à la BMW ActiveE et de les optimiser.

La structure modulaire de la batterie se présente sous forme de blocs individuels dont chacun dispose de son propre système de sécurité. La

décision de réaliser l'accumulateur d'énergie en interne ne consolide pas seulement l'avenir du site industriel qu'est l'Allemagne. Elle offre aussi de nombreux avantages à BMW et à ses clients. Elle permet de garantir d'une part l'exploitation future du potentiel inhérent à la technologie d'accumulation et d'autre part des performances typiques de BMW ainsi qu'une sécurité maximale. Enfin, en sa qualité de spécialiste du développement et constructeur, BMW peut réagir avec une grande souplesse aux exigences et aux besoins futurs.

La durée de vie d'une batterie est celle d'une voiture.

La durée de vie d'un accumulateur lithium-ion dépend de plusieurs facteurs. Ainsi, toute batterie vieillit pour deux raisons : primo sous l'influence du temps, car les performances et la capacité d'accumulation d'énergie de la batterie diminuent avec le temps ; ce facteur dépend dans une large mesure de la température de la batterie. Et secundo la charge/décharge. Des essais approfondis effectués par les ingénieurs d'étude ont montré que les cellules mises en œuvre sur la BMW i3 répondent aux exigences élevées de BMW durant toute la vie de la voiture et ce, tant en termes de durée de vie que de tenue en cyclage. Ces qualités sont assurées par le choix adéquat des composants chimiques des cellules ainsi que par une gestion intelligente des batteries qui fait fonctionner l'accumulateur dans sa plage d'utilisation optimale (par ex. adaptation de la température par refroidissement ou réchauffement).

Refroidissement avec un frigorigène.

Pour refroidir l'accumulateur haute tension, BMW i utilise directement le frigorigène du système de climatisation. Par rapport à un refroidissement par eau ou par air, ce fluide de refroidissement offre la meilleure puissance frigorifique et ne requiert aucun élément supplémentaire, tel qu'une soufflante ou des pompes. Le poids et l'encombrement s'en trouvent réduits. Pour une mise en température par temps froid, le système de chauffage est alimenté directement par le réseau lorsque la voiture est branchée sur le boîtier mural.

Au final, la puissance mise à disposition par la batterie est ainsi largement homogène, indépendamment de son état de charge, et quasiment indépendante des fluctuations de la température. Ce qui a un effet positif sur l'utilisation quotidienne, la stabilité à long terme et la durée de vie de cet accumulateur d'énergie.

Par ailleurs, les ingénieurs ont veillé à ce que les consommateurs électriques de la BMW i3 absorbent peu d'énergie. Le chauffage de l'habitacle fonctionne selon le principe de la pompe à chaleur et, en circulation urbaine, il économise jusqu'à 30 pour cent de courant par rapport à un chauffage électrique

conventionnel. L'éclairage extérieur et intérieur fait appel à des diodes électroluminescentes à faible consommation d'énergie. Ces deux mesures ont une incidence substantielle sur l'autonomie de la BMW i3. Quant à la BMW i8, qui inaugurera l'éclairage par laser, elle hissera l'efficacité énergétique à un niveau inédit.

La fiabilité prime.

L'introduction de nouvelles technologies suscite toujours des réserves. Mais lorsque la BMW i3 s'alignera cette année au départ, le conducteur, les passagers et les autres usagers de la route seront certains d'avoir à faire à une voiture absolument sûre répondant aux normes élevées de BMW Group. Celles-ci dépassent les exigences du législateur sur tous les points relatifs à la sécurité.

À la différence d'un réseau de bord conventionnel, le système électrique de la BMW i3 est à deux pôles. C'est pourquoi le pôle négatif n'est pas mis à la masse et, donc, à la carrosserie, mais constitue un câble séparé entièrement isolé. De plus, un boîtier absolument étanche évite toute infiltration d'eau dans la batterie. En définissant la composition chimique des cellules d'accumulateur, les spécialistes n'ont pas seulement veillé aux performances et à la durée de vie, mais bien évidemment aussi à l'aptitude des cellules pour une utilisation automobile, et ce surtout sur le plan de la sécurité.

En outre, des algorithmes de surveillance complexes, un ensemble raffiné de capteurs ainsi que le système de refroidissement décrit plus haut évitent que la batterie ne subisse une décharge profonde ou une charge excessive ou qu'elle surchauffe en fonctionnement. Côté logiciel et côté matériel, trois niveaux de sécurité, mécanisme disjoncteur compris, surveillent de manière fiable tout le système électrique.

Développement durable : une seconde vie après la vie automobile.

Lorsque la voiture sera en fin de vie, la batterie de la BMW i3 aura toujours de bonnes performances et de bonnes capacités d'accumulation d'énergie. Après 1000 cycles de charge environ, la batterie disposera toujours d'une grande partie de sa capacité nominale. C'est pourquoi BMW i retraitera les batteries pour leur donner une seconde vie. Dans l'esprit du développement durable, les batteries peuvent servir d'accumulateurs d'énergie stationnaires pour un grand nombre de nouvelles applications. Il est ainsi concevable de les utiliser comme accumulateurs tampon dans une installation solaire qui, de nuit ou par mauvais temps, réinjectent l'énergie dans le réseau résidentiel ou bien la restituent pour recharger la BMW i3, permettant ainsi d'alimenter une BMW i par de l'énergie verte produite chez soi.

En outre, le couplage de plusieurs batteries offre la possibilité de constituer des systèmes de stockage d'énergie à des fins industrielles. Les deux centres de recherche de BMW Group – le BMW Group Technology Office USA à Mountain View, Californie, et depuis janvier 2013 le Laboratoire BMW ConnectedDrive à Shanghai, Chine – font d'ores et déjà appel à de tels systèmes. La Maison énergétique Plus du Ministère fédéral de l'Économie à Berlin fait, quant à elle, appel à des batteries issues de la MINI E pour optimiser et stabiliser l'approvisionnement local en énergie.

La mise en œuvre de gros accumulateurs d'une capacité de plusieurs mégawatts susceptibles de lisser l'approvisionnement fourni par le réseau électrique crée d'autres scénarios économiques envisageables. BMW i étudie des applications de telles dimensions et planche sur leur réalisation. Constructeur automobile présent dans le monde entier, BMW i mène dans le domaine de la seconde utilisation des batteries une stratégie holistique visant à couvrir les besoins des marchés internationaux potentiels.

2.4 Sécurité et réparation du PRFC.



Construction légère et sécurité ne sont pas antinomiques. Au contraire, à certains égards, avec son association d'aluminium et de PRFC, le concept LifeDrive de la BMW i3 l'emporte même dans les crash-tests sur les conceptions conventionnelles en acier. L'utilisation du plastique renforcé par fibres de carbone permet la conception de carrosseries ultralégères. Le PRFC se distingue par une capacité d'absorption d'énergie impressionnante tout en étant très peu sensibles aux dommages. Le PRFC est le matériau le plus léger que l'on puisse utiliser sans perte de sécurité dans la construction de carrosseries automobiles.

Le module LifeDrive offre une sécurité optimale.

Dans la construction automobile, les exigences à remplir en cas de collision sont très élevées. Pour répondre aux directives sévères des législateurs et des organisations de protection des consommateurs du monde entier, de nombreux scénarios de collision doivent être pris en compte. Dès le développement du concept de la BMW i3, le constructeur a mené avec les instituts internationaux effectuant les crash-tests des discussions intenses sur le concept de carrosserie et de sécurité inédit des modèles BMW i.

Le Dr Ulrich Veh, expert en sécurité au département Développement de BMW i, fait le point : « Avec les voitures BMW i, nous arrivons au niveau BMW. » En effet, l'habitacle hautement résistant associé à la répartition intelligente des efforts dans le module LifeDrive crée les conditions indispensables à la protection optimale des occupants de la voiture. Même en cas de collision décalée à 64 km/h, mettant la structure de la voiture à rude épreuve, le matériau ultrarigide assure un espace de survie intact pour les occupants. Actives en cas de choc, les structures en aluminium sur le bloc avant et le bloc arrière du module Drive apportent un surcroît de sécurité. Ainsi, la déformation de la carrosserie est inférieure à celle d'une carrosserie comparable en tôle d'acier. En outre, l'« effet cocon » créé par la carrosserie en PRFC, assure l'ouverture sans difficulté des portes.

Les équipes de secours des sapeurs-pompiers considèrent, quant à elles, que le nouveau concept automobile ne pose aucun problème pour prêter secours aux occupants en cas d'accident. Gerhard Schmöller, responsable de la formation des sapeurs-pompiers professionnels de Munich, déclare : « Dans le cadre d'essais de découpe standardisés, les pompiers de Munich ont déjà eu la possibilité de se convaincre que le sauvetage des occupants d'une BMW i3 accidentée et d'une voiture conventionnelle est absolument

comparable. Les travaux de développement en la matière ont dès aujourd'hui atteint un niveau très élevé – bien que le concept automobile soit absolument inédit et qu'il fasse appel au PRFC à grande échelle. Nous sommes impressionnés par la détermination et la circonspection des ingénieurs BMW soucieux d'écrire ici un chapitre de l'histoire automobile sans perdre de vue la sécurité des occupants. »

La combinaison d'aluminium et de PRFC, un abri sûr pour la batterie.

Pour bénéficier d'une protection maximale, l'accumulateur d'énergie haute tension est logé dans le plancher du module Drive en aluminium où, statistiquement parlant, la voiture doit absorber le moins d'énergie en cas de collision et ne se déforme donc que très peu. En cas de choc latéral poteau selon Euro NCAP, dans lequel la voiture frappe un poteau de côté à une vitesse de 32 km/h, le matériau composite à fibres de carbone fait également preuve de ses excellentes propriétés d'absorption d'énergie. Le module Life amortit tout le choc et ne subit qu'une légère déformation. La protection des occupants est donc optimale. Même lorsque le PRFC absorbe de l'énergie, il n'y a aucun risque pour les occupants ou d'autres usagers de la route.

L'accumulateur haute tension bénéficie également des qualités de déformation exceptionnelles du module Life en PRFC. En cas de collision latérale, le poteau ne pénètre pas jusqu'à la batterie. Grâce à l'association des matériaux et à la répartition intelligente des efforts dans le module LifeDrive, l'accumulateur haute tension est aussi parfaitement protégé au niveau des bas de caisse.

Les batteries lithium-ion sont aussi à l'abri en cas d'incendie.

La sécurité est un critère essentiel lors du développement des modèles BMW i. Ainsi, la voiture intègre toute une série de systèmes et de fonctionnalités assurant la sécurité lors du fonctionnement normal, mais aussi en cas d'accident avec incendie. Le système haute tension est conçu de sorte à maîtriser les accidents, même au-delà des exigences stipulées par le législateur. L'accumulateur haute tension dispose de dispositifs (par ex. une installation de purge) permettant aux gaz d'incendie de s'échapper de manière contrôlée de l'accumulateur d'énergie. On peut supposer que l'influence négative des gaz d'incendie et de l'eau d'extinction sur l'environnement n'est pas plus grande que dans l'incendie d'une voiture conventionnelle.

La dernière campagne d'essais du Centre de compétence électromobilité renommé de la DEKRA le prouve: « Nous avons effectué de nombreux essais pour étudier le comportement à l'inflammation, la propagation des flammes et les exigences en matière d'extinction, y compris les nuisances causées par l'écoulement de l'eau d'extinction. Notre résumé: en cas d'incendie, les

voitures électriques et hybrides à batterie lithium-ion sont au moins aussi sûres que les voitures à moteur conventionnel. » (communiqué de presse DEKRA du 29 octobre 2012; DEKRA compte parmi les premières organisations d'experts indépendantes au monde s'intéressant surtout à la sécurité, à la protection de l'environnement et à l'analyse de produits).

Pour assurer un maximum de sécurité dans un scénario de collision de ce type, l'accumulateur haute tension est isolé du système haute tension dès que les dispositifs de retenue des occupants sont déclenchés, et les composants branchés sur le système sont déchargés. Il est ainsi possible d'exclure de manière fiable un court-circuit qui pourrait déclencher des décharges électriques ou un incendie.

Frais de remise en état des modèles BMW i équivalents à ceux du segment.

D'après les études menées par les assureurs automobiles et les accidentologues de BMW, aujourd'hui la plupart des accidents n'entraînent que des dommages mineurs. Dans ces accidents, qui représentent environ 90 pour cent de tous les accidents enregistrés de véhicules conventionnels, c'est l'enveloppe extérieure qui est endommagée. Tenant compte de ce fait, la BMW i3 est entièrement habillée d'une enveloppe en matière synthétique fixée par vissage/clipsage. Les petits accrochages sont absorbés sans cabosser la carrosserie comme ce serait le cas sur la tôle. Les rayures de la peinture ne déclenchent pas de corrosion.

L'opération nécessaire pour remplacer des pièces de l'enveloppe de la BMW i3 est rapide et peu coûteuse. En somme, les frais de réparation en cas d'accident sont comparables à ceux d'une BMW Série 1. On peut donc supposer que ces véhicules seront classés par les assurances dans les mêmes catégories que les compactes.

Méthodes de réparation « froides » pour les pièces en aluminium.

En cas de réparation, le module Drive, structure d'aluminium soudée dans la fabrication de série, est remis en état avec les méthodes de réparation dites « froides » que sont le collage et le rivetage. Les ateliers BMW appliquent ces méthodes avec succès depuis 2003 déjà.

Méthodes de réparation peu chronophages pour les composants en PRFC.

Dès la phase de conception, la réparabilité de la structure PRFC du module Life était inscrite tout en haut de la liste des impératifs définis par le cahier des charges. Ainsi par exemple, plusieurs sections ont été définies pour le côté de caisse en cas de réparations. Si, après un choc latéral, il est nécessaire de remplacer un bas de caisse endommagé, l'atelier de réparation, après examen visuel et évaluation du dommage, se contentera de découper le bas de caisse, soit une section de réparation, à l'aide d'une fraise brevetée. Ensuite, le bas de caisse nécessaire sera fabriqué sur mesure et installé sur la voiture endommagée. Des éléments de réparation spécifiques serviront à intégrer la nouvelle pièce aux points de découpage.

Chaque concessionnaire BMW agréé pourra réparer un habillage extérieur endommagé de la carrosserie. Vu les spécificités du module LifeDrive, il y aura des centres de réparation dans lesquels des équipes spécialisées remettront en état des voitures présentant des dommages sur la structure en aluminium ou en PRFC.