

# **Production de la BMW i8.**

## **Table des matières**



<b>1. Le concept de production BMW i.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Module Life : intégration complète de la fabrication PRFC dans le processus de production.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Une carrosserie en thermoplastiques légère et robuste ....</b>	<b>5</b>
<b>4. Module Drive : éléments structurels du châssis, moteur électrique et batterie HT tout en légèreté .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Processus de montage parallèles .....</b>	<b>8</b>



# 1. Le concept de production BMW i.

Les technologies de fabrication novatrices et l'utilisation de nouveaux matériaux caractérisent le processus de production des voitures BMW i. La fabrication se situe au point de départ d'une chaîne de création de valeur entièrement axée sur le développement durable. De l'extraction des matières premières au recyclage à venir, en passant par une utilisation de la voiture consommant peu d'énergie, tout contribue au bilan écologique positif de la voiture de sport hybride rechargeable BMW i8. Les compétences technologiques exceptionnelles de BMW Group se manifestent aussi bien dans la conception que dans la fabrication de la BMW i8.

Le savoir-faire de BMW Group en termes de fabrication industrielle de pièces en plastique renforcé de fibres de carbone (PRFC) est notamment inégalé dans le secteur automobile. Par ailleurs, la conception et la production des moteurs thermique et électrique de cette voiture de sport hybride rechargeable sont entièrement réalisées par BMW Group.

L'architecture novatrice de la BMW i8 se compose de deux éléments : le module Life, à savoir l'habitacle en PRFC et le module Drive en aluminium, qui reçoit l'ensemble des éléments des moteurs et le châssis. L'utilisation de l'architecture LifeDrive et des pièces en PRFC réduit le temps de fabrication de moitié par rapport à un cycle de construction automobile conventionnel. Les procédés nécessitent moins d'investissements, notamment grâce à la suppression des coûts élevés des ateliers d'emboutissage ou de peinture conventionnels, sans compter que la fabrication des deux modules peut se dérouler en parallèle.

Le réseau de production BMW i comprend la fabrication des fibres de carbone à Moses Lake (État de Washington, États-Unis) et leur transformation en mats textiles à Wackersdorf. Les deux sites sont exploités par SGL Automotive Carbon Fibers (ACF), une co-entreprise de BMW Group et de SGL Group. À cela s'ajoutent les usines propres à BMW Group : les usines de Dingolfing, de Landshut et de Leipzig.

## **2. Module Life : intégration complète de la fabrication PRFC dans le processus de production.**

Pour la production de la BMW i8, BMW Group peut s'appuyer sur sa longue expérience dans l'utilisation des plastiques renforcés de fibres de carbone (PRFC). La fabrication de l'habitacle de la voiture de sport hybride rechargeable est entièrement intégrée dans le processus de production des automobiles BMW i.

### **Fabrication des fibres de carbone à partir d'énergie hydraulique / Moses Lake, USA.**

Dans l'usine de fibres de carbone de Moses Lake (USA), des fibres textiles thermoplastiques à base de polyacrylonitrile, appelées précurseurs, sont transformées en fibres de carbone pratiquement pures, avec une structure de graphite stable, au cours d'un processus complexe en plusieurs étapes. Ces fibres ne font que sept micromètres (0,007 millimètre) de diamètre. Par comparaison, un cheveu humain fait environ 50 micromètres. Pour l'utilisation dans le secteur automobile, 50 000 de ces filaments individuels sont réunis et bobinés pour la transformation en aval. L'énergie consommée durant cette phase de production des fibres de carbone à l'usine de Moses Lake (État de Washington) provient exclusivement d'électricité issue de sources renouvelables.

### **Transformation en mats textiles à Wackersdorf.**

Les rouleaux de fibres produits à Moses Lake sont transformés industriellement à l'Innovation Park de Wackersdorf, en mats textiles ultralégers. Des couches présentant différentes orientations des fibres sont superposées en mats, appelés des stacks, puis découpées.

### **Fabrication des éléments de carrosserie en PRFC à Landshut et à Leipzig.**

Les stacks fournis par l'usine de Wackersdorf sont transformés en pièces de carrosserie dans les centres d'innovation et de production des usines BMW de Leipzig et de Landshut. Les pièces de carrosserie de la BMW i8 sont fabriquées à Landshut, celles de la BMW i3 à Leipzig.

Au cours de cette étape de production, un moule de préformage donne d'abord une forme tridimensionnelle à l'empilement de couches de fibres de carbone. Plusieurs de ces ébauches préformées peuvent ensuite être assemblées pour donner une pièce de plus grandes dimensions. Il est ainsi possible de fabriquer même de vastes pièces de carrosserie qui ne pourraient être réalisées en aluminium ou en acier que pour un coût nettement supérieur. Après cette phase de

préconfection, on effectue une injection de résine sous haute pression selon un procédé appelé RTM (Resin Transfer Moulding). Les ébauches préformées reçoivent alors une injection de résine liquide à haute pression. C'est cette réunion des fibres à la résine, suivie d'une période de prise, qui donne au matériau sa rigidité et donc ses caractéristiques exceptionnelles.

Les presses fonctionnent selon des paramètres précis de temps, de pression et de température qui ont été mis au point spécialement pour que la résine s'allie au durcisseur et se solidifie. Grâce à ce procédé de fabrication automatisé, il est possible de renoncer au long processus de durcissement au four qui est courant dans les procédés manuels de fabrication de PRFC.

Le procédé de fabrication du PRFC ne peut pas être comparé à la fabrication conventionnelle de l'acier. L'industrialisation de la production de PRFC est très économique et rend la fabrication de grandes pièces composites possible pour la première fois au monde pour l'industrie automobile.

Même des modules complexes comprenant de multiples éléments structurels, comme le cadre latéral complet du module Life de la BMW i8, peuvent être fabriqués avec un degré d'automatisation élevé. Les étapes suivantes du processus sont les travaux de finition comme la découpe propre des contours de la pièce et la réalisation des ouvertures manquantes. À cet effet, les pièces sont découpées à l'aide d'une installation spéciale de découpe à jet d'eau et les surfaces de collage sont sablées pour les étapes en aval. A la différence de la pièce ainsi créée en PRFC, le cadre latéral fabriqué de manière classique en acier supposait, lui, d'assembler successivement plusieurs pièces intérieures et extérieures.

### **Assemblage des composants en PRFC à l'atelier de carrosserie de Leipzig.**

Enfin, les pièces composites en PRFC sont assemblées à Leipzig dans le nouvel atelier d'assemblage des carrosseries. C'est là qu'est produite la structure de base du module Life pour les BMW i3 et BMW i8. Dans l'atelier des carrosseries en PRFC, pas de bruits de vissage ou de rivetage, pas d'étincelles au soudage ; on utilise en effet exclusivement des procédés de collage ultramodernes et entièrement automatisés. Au cours de ce processus d'assemblage unique en son genre, développé par BMW, les différentes pièces sont rapprochées l'une de l'autre en ne laissant entre elles qu'un espace de collage précis qui fournira une résistance optimale après collage.

### **3. Une carrosserie en thermoplastiques légère et robuste.**

Fabriquée dans l'usine BMW de Landshut, la carrosserie de la BMW i8 est faite de thermoplastiques. Les pièces en plastique sont deux fois plus légères que la tôle et elles constituent en outre une protection extérieure exempte de corrosion que l'on peut fabriquer tout en économisant de l'énergie. Par ailleurs, le matériau est insensible aux faibles chocs.

La silhouette futuriste de la BMW i8 a conduit les spécialistes de la plasturgie à adapter les technologies de fabrication en conséquence. Les dimensions des pièces et la complexité des moules, sans oublier les exigences d'assemblage du véhicule, ont conduit à développer un granulé synthétique spécifique et à concevoir la production en fonction des exigences particulières de la BMW i8. Par exemple, les pare-chocs sont peints dans un atelier hautement spécialisé. Cela permet d'obtenir une esthétique bicolore tout en optimisant le poids au maximum. Contrairement à ce qui se fait d'habitude, on ne peint pas la totalité de la carrosserie des modèles BMW i en plusieurs passes, mais la peinture des pare-chocs, des parties frontale, latérales et postérieure se fait indépendamment, ce qui permet des économies. Pendant la première passe, le pare-chocs complet est peint en noir. Ensuite, les peintres spécialisés de Landshut appliquent sur la pièce des films de protection pour séparer les zones. Il s'agit d'un travail extrêmement précis qui consiste à masquer les parties qui devront conserver leur couleur noire. Ensuite, le pare-chocs repasse à la peinture et reçoit la seconde couleur sur les zones exposées. L'application de la peinture est confiée à une unité robotisée automatisée et innovante. Le montage d'un élément peint séparément sur le pare-chocs arrière lui confère un aspect tricolore tout à fait remarquable. Alors que dans un cycle classique, la totalité de la carrosserie brute est peinte en une seule fois, le montage de pièces peintes individuellement offre la possibilité de créer des effets visuels particuliers.

## **4. Module Drive : éléments structurels du châssis, moteur électrique et batterie HT tout en légèreté.**

Les éléments structurels du module Drive de la BMW i8 construits à l'usine BMW de Dingolfing – le support du train avant et le support du train arrière – sont fabriqués en aluminium. Afin de venir à bout des défis de conception et du grand nombre de soudures (plus de 800 totalisant une longueur de plus de 50 mètres), il a fallu concevoir un schéma de fabrication unique, avec des robots de soudage qui se déplacent sur un axe linéaire. Le matériau utilisé, l'aluminium, allie légèreté et bonnes propriétés en cas d'impact, ce qui va dans le sens du concept de sécurité général des modèles BMW i.

Provenant également de Dingolfing, la batterie haute tension (accumulateur HT) est un autre élément central des nouveaux modèles BMW i. La production débute avec un test de « début de ligne », au cours duquel les cellules lithium-ion sont soumises à un premier test de performance. Elles sont ensuite nettoyées au plasma. Enfin, celles-ci sont assemblées, collées et soudées de manière entièrement automatisée pour former les modules.

BMW détient un remarquable savoir-faire en matière d'assemblage et de conception spécifiques de batteries. Pour leur fabrication, pas moins de 100 opérations sont nécessaires. Une fois que les éléments ont été assemblés en modules, le montage peut commencer. Les modules sont successivement logés dans un boîtier d'aluminium, puis reliés en série manuellement. La batterie a été conçue pour que le remplacement individuel des différents modules puisse être réalisé facilement en cas de réparation.

Depuis toujours, la transmission fait partie des caractéristiques distinctives de la marque BMW. La conception et la fabrication du moteur thermique et du moteur électrique de cette voiture de sport hybride rechargeable repose donc entièrement entre les mains de BMW Group. Le moteur essence trois cylindres utilise la technologie BMW TwinPower Turbo (231 ch) et est produit dans l'usine moteurs BMW de Hams Hall (Angleterre).

Le moteur électrique de la BMW i8 est fabriqué dans l'usine BMW de Landshut. BMW Group a mis au point lui-même ce moteur électrique de 96 kW ainsi que l'électronique de puissance. On trouve à l'intérieur du moteur un carter interne, le stator et le rotor. Le stator est le cœur du moteur, avec des bobinages représentant deux kilomètres de fil de cuivre. Par rapport à d'autres moteurs électriques de cette puissance, le moteur de la BMW i8 est très petit et compact grâce à un bobinage

spécial des fils de cuivre qui permet de limiter le poids et l'encombrement. Avant que le stator ne soit installé dans le carter interne, il reçoit une fine couche de résine. Ensuite, le stator, le rotor et carter interne sont assemblés. À cet effet, le carter interne est porté à une température d'environ 150 °C afin qu'il se dilate. Une précision la plus absolue est indispensable. En effet, le stator et le rotor doivent se correspondre de façon extrêmement précise pour que le moteur puisse tourner sans frottement.

## 5. Processus de montage parallèles.

Contrairement aux véhicules à carrosserie autoportante, l'architecture LifeDrive se compose essentiellement de deux unités fonctionnelles séparées horizontalement et totalement indépendantes l'une de l'autre. Pour la première fois dans l'histoire de BMW, on utilise donc pour la BMW i3 un système en deux lignes dans l'atelier de montage de Leipzig. Ainsi, une ligne est entièrement consacrée au module Life et l'autre au module Drive. Cela a en outre permis de réaliser des progrès considérables dans la conception ergonomique des postes de travail, avec des conditions d'accessibilité optimales pour toutes les opérations d'assemblage.

En revanche, le montage de la BMW i8 s'effectue sur une ligne unique. La batterie haute tension est installée dans le châssis en aluminium au moment du montage du module Drive. Ensuite, ce sont les trains roulants et la transmission qui sont installés sur la structure du module. Après le montage du support d'essieu avant, déjà prémonté à Dingolfing, et d'autres éléments structurels, le module Drive de la BMW i8 est prêt pour le montage définitif.

L'habitacle en PRFC arrive dans l'atelier de montage depuis l'atelier de carrosserie. Sur la ligne de montage de la BMW i8, il reçoit les options spécifiques commandées par le client. Dans le même temps les éléments moteurs sont pré-assemblés sur la transmission. C'est la dernière étape avant le « mariage », pendant lequel l'habitacle en PRFC et le châssis en aluminium sont collés l'un à l'autre. Il existe en outre quatre points d'assemblage vissé pour garantir une rigidité et une stabilité optimales. C'est alors que la BMW i8 reçoit sa robe extérieure finale. La ligne de montage de la BMW i8 regroupe un total de 14 étapes. Enfin, la sportive rejoint le dernier atelier, avec les modèles i3 et les autres voitures BMW fabriquées à Leipzig, où d'importants contrôles qualité sont effectués.

S'élevant à 20 heures, la durée de passage dans l'atelier de carrosserie et de montage est deux fois plus courte qu'un cycle de production conventionnel, car de nombreuses opérations s'effectuent en parallèle et le nombre des éléments de carrosserie intégrés dans la structure en PRFC est réduit.