

**FRANÇAISE DE
MECANIQUE**
Douvrin

21 juin 2005 / *21st June 2005*

**INDUSTRIAL
COOPERATION
DAY**

21 juin 2005

INDUSTRIAL COOPERATION DAY

LA COOPÉRATION PSA PEUGEOT CITROËN ET BMW GROUP	2
LES ENJEUX INDUSTRIELS	4
I - UN SCHÉMA INDUSTRIEL PERFORMANT	4
■ Un dispositif industriel ambitieux en Europe occidentale	4
■ Une logistique optimisée	4
■ Une organisation industrielle en "modules"	5
■ Le système de fabrication PSA PEUGEOT CITROËN : Convergence	5
II - DES USINES À LA POINTE DES TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES	6
■ La Française de Mécanique (PSA PEUGEOT CITROËN)	6
■ L'usinage	6
□ Les moyens d'usinage	
□ Les défis industriels de l'usinage	
■ L'assemblage	8
□ Une nouvelle philosophie d'assemblage	
□ Les défis industriels de l'assemblage	
■ Hams Hall (BMW Group)	10
III - DES INNOVATIONS À TOUS LES STADES DE L'INDUSTRIALISATION	10
■ Le Procédé à Moule Perdu à Charleville	10
■ Le Pôle Métallurgie à Mulhouse	11
IV - UN SOUCI CONSTANT DE LA QUALITÉ ET DU RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT	12
■ La qualité	12
■ Le respect de l'environnement	12

ANNEXES	15
----------------	----



LA COOPÉRATION PSA PEUGEOT CITROËN ET BMW GROUP



PSA PEUGEOT CITROËN et BMW Group ont annoncé en 2002 le développement et la production en commun d'une nouvelle famille de petits moteurs essence qui équiperont des véhicules des deux groupes.

Cet accord permet de développer une nouvelle gamme de petits moteurs essence de haute technologie, à forts volumes et dans des conditions économiques compétitives. L'objectif est de partager les coûts de développement et de mettre en commun les compétences des partenaires et leurs moyens en apportant les économies d'échelle indispensables au succès de l'opération.

Cette coopération bénéficie également de l'accès à des cultures d'entreprise et à des techniques industrielles différentes. Les deux principes de base d'un tel type d'accord sont des choix d'organisation en commun (un Comité directeur avec une représentation et des pouvoirs égaux ; un seul chef de projet et des équipes-projets communes composées d'ingénieurs des deux partenaires) et un partage des coûts : à 50-50 pour les coûts de développement, et au prorata des volumes réservés par chaque partenaire,

pour les investissements industriels, les coûts d'ingénierie et de lancement.

Pour qu'un tel accord soit fructueux, il fallait également une communauté de calendrier. Dès 2006, des véhicules des gammes basses et moyennes de Peugeot et de Citroën seront équipés de ces nouveaux moteurs. Ils équiperont également les futurs modèles de la Mini. Ils auront des puissances qui s'échelonnent de 55 kW/75 ch, à 125 kW/170 ch et vont établir de nouveaux standards, tant en matière de performances et d'agrément de conduite, que de baisse des consommations et des émissions de dioxyde de carbone (CO₂).

Dans un premier temps, l'équipe Projet chargée de la conception des moteurs, basée à Munich au sein de la Direction Recherche et Développement, était sous la responsabilité de BMW Group. Actuellement, le groupe PSA PEUGEOT CITROËN assume le leadership de la phase d'industrialisation, de production et du processus d'achat. La production annuelle envisagée à terme est de l'ordre de 1 million d'unités.

Cette coopération fait appel aux savoir-faire technologiques des deux groupes et à leur maîtrise de la production en grande série.



■ DEUX MOTEURS DÉVELOPPANT DES TECHNOLOGIES DIFFÉRENTES

Lors d'une "journée technologique" qui s'est tenue à Munich, au Centre de Recherche et Développement de BMW Group, les responsables des deux groupes partenaires ont présenté le détail des techniques mises en œuvre pour deux types de moteurs :

- le moteur atmosphérique, doté d'une distribution à levée variable, d'une cylindrée de 1,6l et d'une puissance de 85 kW/115 ch ;
- le moteur à injection directe, turbocompressé, d'une cylindrée de 1,6l et d'une puissance de 105 kW/143 ch.

Ces moteurs constituent les deux premiers éléments d'une famille qui sera composée, à terme, de moteurs dont les puissances s'échelonnent de 55 kW/75 ch jusqu'à 125 kW/170 ch.

De nombreuses solutions haut de gamme, apportées par le savoir-faire de chaque groupe, équiperont ces nouveaux organes mécaniques :

- distribution à levée variable ;
- pompe à huile à débit piloté ;
- entraînement mono-courroie des organes auxiliaires ;
- culasse fabriquée selon la méthode de fonderie "à modèle perdu".

En outre, plusieurs innovations ont été mises en œuvre sur :

- l'injection directe pour optimiser la puissance ;
- le turbocompresseur Twin-Scroll pour améliorer le temps de réponse et l'agrément de conduite ;
- la pompe à eau débrayable pour diminuer les consommations et émissions.



I - UN SCHÉMA INDUSTRIEL PERFORMANT

La gestion de la coopération est assurée selon le principe de "l'ingénierie système". Une seule équipe intégrée sur deux sites s'est occupée des trois dimensions du projet : le développement, la production et les achats.

La méthode de projet de PSA PEUGEOT CITROËN a été appliquée avec la double intégration de l'équipe projet travaillant en étroite coopération avec les métiers d'industrialisation et d'achat. Le leadership du développement des moteurs a été attribué à BMW Group avec une forte implication des ingénieurs de PSA PEUGEOT CITROËN. Le plateau de conception est installé au FIZ à Munich et comprend une cinquantaine de personnes, dont une quinzaine d'ingénieurs de PSA PEUGEOT CITROËN. Ils travaillent en étroite collaboration avec le plateau des méthodes industrielles et des achats situé à La Garenne-Colombes, en Région parisienne, qui compte 150 personnes. Au total, c'est donc une équipe intégrée sur deux sites géographiques qui a piloté le projet en pratiquant un maximum d'échanges de fichiers, de méthodes et de calculs par liaison EMX à gros débit.



LES ENJEUX INDUSTRIELS

■ UN DISPOSITIF INDUSTRIEL AMBITIEUX EN EUROPE OCCIDENTALE

La partie production-fabrication est pilotée par PSA PEUGEOT CITROËN. L'usinage des pièces principales des moteurs se fait exclusivement à la Française de Mécanique à Douvrin (Pas-de-Calais). L'assemblage est réparti chez chacun des constructeurs : Française de Mécanique pour PSA PEUGEOT CITROËN et Hams Hall, en Angleterre, pour les besoins de BMW Group afin de faciliter la logistique d'approvisionnement vers les usines véhicules de chaque constructeur.

Ce schéma maintient un savoir-faire industriel de haut niveau en Europe occidentale. Il a nécessité la mise en œuvre d'une organisation performante et flexible destinée à s'adapter à deux processus d'assemblage moteurs différents et géographiquement séparés.

■ UNE LOGISTIQUE OPTIMISÉE

PSA PEUGEOT CITROËN est responsable des fournisseurs. Ceux-ci ont été sélectionnés sur des critères ambitieux de compétitivité et de qualité.

La logistique amont est organisée pour assurer l'approvisionnement direct de tous les fournisseurs des deux usines d'assemblage de Hams Hall pour BMW Group et de la Française de Mécanique pour PSA PEUGEOT CITROËN.



Un des principes de base de la logistique institué est le RECOR, REnouvellement des COnsommations Réelles. C'est-à-dire que l'ensemble de la fabrication est organisé en flux tirés. La logistique est gérée également en FIFO - *First In, First Out* - les premières pièces entrées étant les premières à être consommées.

A l'assemblage, la diversité au poste de travail à un instant donné a été limitée. Ainsi, le travail est effectué en rafales avec un approvisionnement en bord de ligne limité aux pièces nécessaires à la variante de moteurs en cours d'assemblage et à la variante suivante.

Ces principes s'appliquent à la programmation de la fabrication et à l'approvisionnement des pièces depuis les fournisseurs. Par exemple, dans le cadre du projet, un approvisionnement direct du camion à l'atelier a été mis en place pour les pièces encombrantes en supprimant les étapes intermédiaires (magasin), ce qui permet de gagner en rapidité et en stock.

La logistique aval, pour livrer les usines terminales des deux groupes, est assurée par chacun des partenaires de façon autonome.

L'échange d'informations quotidiennes est assuré par une interface EDI (serveur central) entre les deux constructeurs et les fournisseurs.

■ UNE ORGANISATION INDUSTRIELLE EN "MODULES"

Ce projet s'inscrit dans la démarche industrielle de "modules" initiée en 2001 par PSA PEUGEOT CITROËN lors du lancement du moteur 1,4l Diesel HDi Common Rail. Le principe de module repose sur le développement d'une unité de production très homogène et autonome, facilement reproductible et regroupant les lignes d'usinage des pièces principales du moteur – culasse, carter cylindre, vilebrequin, bielle – et les lignes d'assemblage.

Dans cette organisation en modules, PSA PEUGEOT CITROËN apporte son retour d'expérience des trois modules DV déjà installés dans ses usines de mécanique. Il s'agit d'une organisation indus-

trielle performante basée sur une production de 2 500 unités/jour (640 000 moteurs/an), soit le meilleur équilibre en termes d'efficacité et de rentabilité des investissements.

Pour cette coopération, un nouveau module complet verra le jour à la Française de Mécanique qui sera opérationnel fin 2005.

■ LE SYSTÈME DE FABRICATION PSA PEUGEOT CITROËN : CONVERGENCE

Le process mis en place dans l'usine de Douvrin bénéficie des apports du système de fabrication PSA PEUGEOT CITROËN dénommé "Convergence". Ce projet d'entreprise cible la performance de la fabrication en déployant dans tous les sites de production de PSA PEUGEOT CITROËN un système de fabrication regroupant l'ensemble des meilleures pratiques internes et externes et ce, dans une démarche d'amélioration permanente.

Pour élaborer ce système de fabrication, le groupe PSA PEUGEOT CITROËN a créé quinze réseaux de compétences qui couvrent l'ensemble des domaines de la production (Management, Qualité, Fiabilité, Logistique...) et l'ensemble des sites. Chaque réseau cherche à définir les meilleurs savoir-faire et règles d'application. Une fois ces standards établis, ils sont appliqués dans tous les sites. Leur diffusion et leur appropriation sont largement basées sur l'utilisation intensive des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC).

Ainsi, à la Française de Mécanique, l'UET (Unité Élémentaire de Travail) est au cœur du système de fabrication PSA PEUGEOT CITROËN. Les UET sont des équipes de travail composées d'un responsable d'unité et de 25 à 40 opérateurs. L'objectif est de favoriser une démarche participative, l'écoute et l'animation au travers d'échanges directs et réguliers. Cette démarche innovante de participation et de responsabilisation



est destinée à renforcer la motivation du personnel à la vie de son atelier et à contribuer à l'atteinte des objectifs de performances définis et arrêtés dans chaque usine. Ainsi, à la Française de Mécanique, dans le nouvel atelier consacré à la coopération, 40 Unités Élémentaires de Travail seront déployées pour assurer la production en grande série des nouveaux moteurs essence.

II - DES USINES À LA POINTE DES TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

■ LA FRANÇAISE DE MÉCANIQUE (PSA PEUGEOT CITROËN)

PSA PEUGEOT CITROËN produira à la Française de Mécanique, à partir de fin 2005, la nouvelle famille de petits moteurs essence développée en coopération avec BMW Group.

Créée en 1969, la Française de Mécanique située à Douvrin est spécialisée dans la production en grande série de moteurs. La fabrication de moteurs pour PSA PEUGEOT CITROËN s'élève à plus de 8 000 unités par jour avec plus de 4 500 personnes.

La nouvelle unité de production aura une capacité de 2 500 moteurs par jour. Occupant une surface d'environ 60 000 m², ce premier module a nécessité un investissement de 330 millions d'euros. Il emploiera, à pleine capacité, 1 120 salariés en 4 équipes qui ont reçu 152 000 heures de formation.

L'atelier de production des moteurs de la coopération a été conçu par différents partenaires :

- pour les bâtiments : le BEI (Bureau d'Etudes Industrielles de PSA PEUGEOT CITROËN) ;
- pour les machines du process : PCI (Process Conception Ingénierie) pour la partie culasse et une partie de l'assemblage ainsi que les partenaires habituels des deux groupes.

Les travaux, depuis le premier coup de pioche jusqu'au démarrage série, vont s'étaler sur 24 mois respectant ainsi les délais initialement fixés. Durant cette période, jusqu'à 250 personnes du groupe et de quelque 60 sociétés extérieures vont travailler à la construction de cet atelier.

Une grande attention a été portée aux stricts respects des procédures de prévention des risques afin d'atteindre l'objectif de zéro accident du travail, tant au niveau des personnels internes, que des fournisseurs de biens d'équipements amenés à travailler sur le site.

La montée en cadence sera progressive pour atteindre la pleine cadence à fin 2007.

L'atelier modulaire, dédié à la production de ces moteurs, incorpore dans un seul et même bâtiment, les lignes d'usinage principales hors culasse et l'assemblage.

Les pièces brutes proviennent pour l'essentiel des sites de PSA PEUGEOT CITROËN tels que la Fonderie de Charleville et le Pôle Métallurgie de Mulhouse regroupant notamment les activités de forge et de fonderie aluminium sous pression.

■ L'USINAGE : FLEXIBILITÉ, DIVERSITÉ ET QUALITÉ

L'usinage occupera une superficie de 30 000 m². C'est la synthèse des meilleures pratiques dans le domaine de l'usinage pour assurer l'équilibre entre investissements et flexibilité vis-à-vis de la diversité produit et des évolutions à venir en cours de vie.

La qualité est une préoccupation permanente.

□ Les moyens d'usinage

- 2 lignes flexibles culasses

La culasse est, d'un point de vue industriel, la pièce maîtresse de cette nouvelle famille de moteurs, déterminante dans ces prestations.



Il s'agit d'une pièce dont la haute technicité a nécessité la mise en œuvre de moyens plus fortement dimensionnés que jusqu'alors dans la structure industrielle du groupe PSA PEUGEOT CITROËN.

Ainsi, chacune des lignes comprendra 54 machines (centres d'usinages grande vitesse et machines spéciales) pour répondre aux précisions géométriques demandées et à la diversité liée aux deux familles de moteurs.

• 1 ligne bielles

Cette ligne flexible permet de produire trois types de bielles différentes à une cadence de 4 bielles toutes les 30 secondes. Elle comprend 3 machines transfert et 5 machines spécifiques.

• 1 ligne carter cylindres

Pour la première fois pour les carters cylindres à large diffusion, des centres d'usinage sont utilisés. Ainsi, 50 % du temps d'usinage est effectué par des centres d'usinage grande vitesse (au nombre de 18) pour les fonctions qui sont susceptibles d'évoluer pendant la vie série du moteur, apportant la souplesse au process là où elle s'avère nécessaire.

Pour les fonctions invariantes du moteur, c'est-à-dire les opérations nobles qui n'évolueront pas ou peu, l'usinage est réalisé sur des machines transfert.

Une autre nouveauté industrielle majeure est l'usinage bi-matière (fonte/aluminium) de la face de combustion du bloc-moteur, qui a nécessité l'évolution des méthodes d'usinage jusqu'ici utilisées, permettant ainsi une technologie de carter compatible avec les fortes sollicitations générées par les moteurs.

• 1 ligne vilebrequins

La ligne de production des vilebrequins intègre le retour d'expérience de la ligne des moteurs DV

tout en prenant en compte la plus grande diversité de la famille des nouveaux moteurs essence de la coopération. Cette diversité se décline comme suit :

- 3 vilebrequins différents ;
- 2 matières différentes, fonte et acier, optimisées en fonction des moteurs.

Cette ligne est composée de machines transfert, de machines spéciales et de centres d'usinages. Elle est dimensionnée pour une production maximale d'un vilebrequin toutes les 30 secondes.

□ Les défis industriels de l'usinage

Un des objectifs majeurs, lors de la conception de cet outil industriel, a été de le doter d'une **flexibilité maximale** dès l'origine afin de ne pas imposer de contraintes industrielles à la conception, tout en maintenant un haut niveau de productivité. Cette grande flexibilité a permis à l'équipe de production de concevoir des moteurs de haute technologie dans une dynamique d'ingénierie système.

Par ailleurs, l'équipe d'industrialisation a dû relever le défi de la **diversité** engendrée par deux moteurs technologiquement très différents, aux lancements quasi simultanés. La réponse apportée a été le recours accru à des centres d'usinage, retenus pour leur plus grande souplesse industrielle.

La qualité est au centre des préoccupations de l'équipe projet. Ainsi, dans cet atelier d'usinage a été instaurée la politique du "**Zéro retouche**". Dans ce système exigeant, les pièces non conformes sont automatiquement mises au rebut, générant ainsi une forte implication et réactivité de tous les intervenants, ce qui conduit très rapidement à une maîtrise parfaite du process.



Comme pour le moteur Diesel HDi qui a marqué un saut technologique, tant du point de vue produit que du process, ces nouveaux moteurs essence s'imposent comme une avancée importante dans la précision des usinages demandés et dans la maîtrise du process, les tolérances étant en moyenne divisées par deux par rapport aux moteurs antérieurs.

■ L'ASSEMBLAGE

L'assemblage est implanté sur une superficie de 22 000 m². L'atelier est composé de trois tronçons de lignes de montage d'une longueur totale déployée de 1 400 mètres permettant de produire **un moteur toutes les vingt-six secondes**, dans n'importe quelle version.

□ Une nouvelle philosophie d'assemblage

La ligne d'assemblage permet de monter aussi bien les moteurs turbo que les moteurs atmosphériques à la cadence impressionnante d'un moteur toutes les 26 secondes. Les moteurs y suivent les étapes classiques, avec le montage du bas moteur, la ligne culasse et la ligne d'habillage. L'automatisation moyenne est de 50 % des postes, fruit d'un compromis entre flexibilité, productivité et ergonomie.

Ici encore, l'impératif de qualité est traité sans concession, avec la mise en oeuvre d'une politique dite "CARTON ROUGE", qui interdit toute retouche sur les moteurs.

En matière de gestion des flux logistiques, ce nouvel atelier d'assemblage intègre une amélioration de la politique des "flux tendus", appelée alimentation en RECOR R1 (REnouvellement des COnsommations Réelles) pour les pièces encombrantes. Ainsi, le camion déchargera les pièces directement dans l'atelier sans passer par le magasin de stockage. Ce processus permet de gagner en rapidité sur l'encours et, de manière globale, en efficacité.

□ Les défis industriels de l'assemblage

En matière d'assemblage, les défis à relever étaient de trois ordres : **la diversité, la qualité et l'ergonomie**.

D'une part, le défi de la **diversité** consistait à lancer en rafale, à six mois d'intervalle, deux moteurs techniquement très différents sur une même ligne de production. Les outils et moyens mis en oeuvre pour répondre à cette équation intègrent plus de flexibilité et de polyvalence. Ainsi, la formation des femmes et des hommes de l'atelier les prépare à une plus grande polyvalence. Les postes de travail ont été conçus pour assembler indifféremment tous les moteurs issus de cette coopération. L'approvisionnement des pièces en bord de ligne prend en compte la grande diversité de pièces nécessaires à l'assemblage (250 pièces) de façon organisée et optimale, sans difficulté de compréhension pour les opérateurs, les systèmes informatiques mis en oeuvre assurant la traçabilité des opérations et des pièces.

D'autre part, l'exigence de **qualité** en tête des objectifs du projet, devait se combiner avec un niveau de cadence industrielle rarement atteint dans l'industrie automobile.

A ce titre, la politique dite de "CARTON ROUGE" innovée par PSA PEUGEOT CITROËN en 2001, dans ses usines mécaniques, a été reconduite et optimisée par le retour d'expérience accumulé depuis sa mise en oeuvre.

Concrètement, une puce électronique placée sur chaque palette moteur enregistre toutes les informations relatives à la traçabilité du process de montage. Les écrans de contrôle dans le système de pilotage de la ligne indiquent que le moteur n'est pas conforme au cahier des charges. Dès l'apparition d'un incident, relevé soit automatiquement soit par un opérateur, le moteur continue d'avancer afin de ne pas créer de rupture de flux dans le process, mais plus



aucune pièce n'est assemblée. Cette démarche exigeante interdit toute retouche en cours de montage, obligeant ainsi le dispositif à une maîtrise maximale du process et à une réactivité immédiate aux incidents. Cette politique "CARTON ROUGE" induit un changement culturel qui fait évoluer le vocabulaire et les pratiques. Ainsi, les plateaux de retouches de fin de lignes sont remplacés par des plateaux d'expertise, l'expérience ayant montré que les opérations de retouches génèrent inmanquablement plus de problèmes que le flux série.

La qualité se gère dans les moindres détails. A titre d'exemple, **100 %** des opérations de vissage sont contrôlées en temps réel et **100 %** des fonctions clients (circuits essence, eau, huile...) sont contrôlées au cours du process.

Enfin, **l'ergonomie** a été une priorité du projet. Depuis de nombreuses années, une politique ambitieuse d'amélioration des conditions de travail est menée par le groupe PSA PEUGEOT CITROËN. Elle vise en particulier à assurer, à tous les salariés, des conditions et un environnement de travail correspondant aux meilleurs standards internationaux, et à faire face au vieillissement, en mettant en œuvre des solutions contribuant au maintien dans l'emploi.

La démarche d'amélioration des conditions de travail et de progrès ergonomiques s'engage en amont, dans les projets véhicules et les projets industriels. Elle s'appuie sur un jalonnement des actions décrites dans les schémas opérationnels de développement des voitures. Cette démarche s'appuie également sur un outil d'évaluation du travail et des organisations appelé METEO (Méthode d'Evaluation du Travail Et de l'Organisation). Il est mis en place dans l'ensemble des sites industriels dans le monde et est utilisé par les équipes projets.

En 2004, un effort supplémentaire a été engagé dans toutes les usines pour améliorer les postes et les installations existantes. Dans la Division

automobile, la priorité a été donnée à la réduction des postes réputés "lourds" (postes présentant des risques pathogènes s'ils sont tenus dans la durée). La proportion de ces postes est de 19 % en 2004, contre 35 % en 1999. Le taux de postes lourds a pratiquement été divisé par deux depuis le lancement de la démarche ergonomie en 1999. La cible est d'atteindre 8 % de postes réputés lourds. Par ailleurs, le nombre de postes légers pouvant être tenus par tous les salariés a été augmenté, il est de 37 % en 2004 contre 26 % en 1999. Cet effort va se poursuivre avec l'objectif d'atteindre 60 % de postes légers.

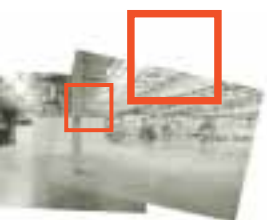
Il a semblé légitime que le nouvel atelier d'assemblage de la Française de Mécanique dédié à la coopération bénéficie de ces avancées qui facilitent la vie des opérateurs tout en contribuant à une meilleure qualité du process ainsi qu'à une meilleure productivité.

Dans le nouvel atelier consacré à la coopération, une maquette numérique a permis à PSA PEUGEOT CITROËN d'étudier tous les postes de travail de l'assemblage et de réaliser **une adéquation optimale des hommes et des postes.**

Ainsi, les postes lourds ont été supprimés afin d'assurer à tous les salariés des conditions de travail réduisant la pénibilité tout en faisant face au vieillissement d'une partie d'entre eux.

La création de cet atelier a également été l'occasion de mettre en place des postes adaptés afin de donner aux personnes à capacité restreinte toute leur place dans le monde du travail.

Sur un plan plus général, le projet a privilégié la mise en place de solutions ergonomiques telles que des supports permettant de travailler en position assise ou semi-assise, des systèmes électropneumatiques permettant de diminuer ou d'annuler les efforts de levage et de vissage



ou encore l'installation de tables élévatoires tournantes évitant les mouvements de torsion lors de la prise de pièces en bord de ligne.

■ HAMS HALL (BMW GROUP)

L'usine de Hams Hall réalise l'assemblage des blocs-moteurs des futures versions de la Mini pour BMW Group. Sa proximité avec l'usine d'Oxford permet une gestion précise et flexible de l'approvisionnement en "juste à temps", autorisant ainsi une réduction des stocks et des délais de production. En confiant l'assemblage de ces moteurs au site de Hams Hall, BMW Group est en mesure de garantir qu'ils répondront exactement aux exigences des produits de la marque Mini.

III - DES INNOVATIONS À TOUS LES STADES DE L'INDUSTRIALISATION

■ LE PROCÉDÉ À MOULE PERDU (PMP) À CHARLEVILLE

Deux méthodes de moulage différentes sont utilisées pour la fabrication des culasses. Alors que la culasse du moteur à injection directe est en aluminium coquille basse pression, la technique innovante de procédé à modèle perdu, ou lost foam, est utilisée sur le moteur atmosphérique.

Cette technique appliquée à la fonderie d'alliages légers de l'usine BMW de Landshut a été utilisée, pour la première fois en série, sur un moteur six cylindres. Les nouveaux petits moteurs essence de la coopération bénéficient ainsi de l'apport d'une technologie industrielle haut gamme.

Pour PSA PEUGEOT CITROËN, la mise en œuvre du Procédé à Modèle Perdu (PMP) sur des pièces nobles de grande dimension, de haute technicité et fabriquées à cadence élevée, comme les culasses, constitue une première industrielle pour la Fonderie PSA PEUGEOT CITROËN de Charleville.

Cette utilisation de la technique du PMP illustre particulièrement bien l'idée d'une coopération "gagnant-gagnant". En effet, l'apport de l'expertise de BMW Group dans ce secteur a été déterminante, alors que PSA PEUGEOT CITROËN a amené des éléments de sa base fournisseurs pour développer cette technologie à coût maîtrisé, la rendant de ce fait abordable dans le contexte d'une production de moteurs de petites cylindrées à forts volumes.

Cette technique du PMP est particulièrement adaptée pour configurer de façon optimale les contours intérieurs compliqués avec les cavités pour les conduits d'air ainsi que les circuits d'huile et de liquide de refroidissement. A la différence des techniques de moulage conventionnelles, le procédé à modèle perdu est une méthode contribuant à la réduction du poids du moteur. Concrètement, le gain matière sur la culasse est de 1 kg à comparer au process habituel, soit un gain d'environ 8 % sur la masse totale de la pièce.

La méthode PMP est la suivante : une forme identique à la culasse est réalisée en polystyrène expansé et est recouverte d'enduit puis vibrée dans un lit de sable et entièrement recouverte de sable, à l'exception du canal de coulée. Pendant l'opération de moulage automatisée, l'aluminium liquide passe par le canal. Il prend la place de la forme en polystyrène et adopte la forme de la culasse. Le haut degré de précision de cette méthode de moulage permet d'intégrer des détails très "fins" comme les trous de passage d'eau, les conduits de retour d'huile et les canaux blow-by, ce qui dispense de nombreuses opérations d'usinage mécanique (voir schéma en annexe). Elle permet également l'intégration de fonctions dans la définition de la pièce de fonderie comme les supports de moteur électrique, les déflecteurs dans la chambre d'eau ou encore le carter de chaîne.



L'usine de Fonderie de Charleville a complètement rénové la ligne de production PMP qui était auparavant consacrée aux petites pièces. Cette ligne est opérationnelle depuis novembre 2004. Elle produira à une cadence de 1 150 culasses/jour. L'installation de deux lignes neuves est prévue pour l'une, fin 2005, pour l'autre, fin 2007 avec le même dimensionnement.

Le procédé PMP se révèle économiquement intéressant avec un gain de 15 % par rapport à un process coquille traditionnel. Pour sa part, l'investissement est inférieur de 30 % au procédé remplacé. Enfin, la surface au sol occupée par ce procédé est inférieure de 15 % à celle nécessaire au procédé coquille.

Au total, ce nouvel atelier portera la production culasse à un niveau supérieur de 25 % par rapport au plus haut historique de l'usine, permettant ainsi de pérenniser et de développer les compétences sur l'usine de Charleville.

Concrètement, dans le cadre de l'exécution de la coopération, 86 tonnes de métal seront coulées par jour, permettant de produire 1 culasse par minute.

Ce sont au total 6 300 heures de formation qui seront dispensées aux 116 personnes de l'atelier PMP de Charleville.

■ LE PÔLE MÉTALLURGIE À MULHOUSE

Le Pôle Métallurgie de Mulhouse intervient dans ce projet au titre de fournisseur de pièces brutes telles que carter cylindres, vilebrequins et bielles. Dans ce domaine, les innovations sont nombreuses.

■ CARTER (FONDERIE)

La coopération PSA PEUGEOT CITROËN – BMW Group a donné naissance à une solution brevetée totalement nouvelle : le carter en aluminium

sous pression avec des chemises en fonte insérées à la coulée et débouchantes en tablatrice dans un interfût réduit. Cette innovation consiste à trouver un dessin de la chemise permettant de lier deux matières, la fonte et l'aluminium, pour renforcer la structure et tenir les contraintes de température et de frictions mécaniques et cela dans un espace réduit de 7 mm en utilisant des solutions techniques simples.

La conception des outillages et du process a dû prendre en compte cette nouvelle architecture. Ceci a été réalisé dans la même enveloppe économique. L'ensemble propose donc une prestation produit très supérieure pour un prix équivalent.

Parmi les objectifs prioritaires du projet se trouvait la flexibilité de l'outil industriel. Ainsi, la ligne de production carter de la Fonderie de Mulhouse est totalement polyvalente, permettant de produire indifféremment des carters pour petits moteurs essence et petits moteurs Diesel de familles différentes. Cette ligne qui sera opérationnelle en septembre 2005 permettra une production de 2 500 carters/jour.

■ VILEBREQUIN (FORGE)

Le vilebrequin donne l'occasion d'une nouvelle première pour PSA PEUGEOT CITROËN et BMW Group en matière de petits moteurs essence. En effet, l'acier a été préféré à la fonte dans une optique d'optimisation de la masse et du coût. Ce choix a permis d'obtenir des prestations produit de premier plan pour un prix à peine plus élevé qu'un vilebrequin essence traditionnel.

Une autre nouveauté process a été développée à l'occasion de cette coopération. Ainsi les contre-ponds du vilebrequin restent bruts et ne nécessitent pas d'usinage. Les tolérances acceptées lors du forgeage sont donc plus contraignantes. Cela a nécessité une amélioration significative de la conception des outillages de forge.



La ligne de vilebrequins est également polyvalente permettant de produire indifféremment des pièces pour moteur essence et moteurs Diesel. Sa capacité de production sera de 200 unités/heure.

■ BIELLES (FORGE)

L'innovation au niveau des bielles consiste en un forgeage des pièces en double-empreinte, soit deux par deux. L'adaptation de la ligne de forge à Mulhouse a permis un gain de 10 % sur le prix de la pièce.

Un travail de précision a été réalisé sur le réglage fin des outillages afin d'obtenir deux pièces parfaitement identiques géométriquement.

Cette ligne dédiée aux bielles sera opérationnelle début 2006. Elle est actuellement en phase de validation industrielle et est prévue pour une production de 800 pièces/heure.

IV - UN SOUCI CONSTANT DE LA QUALITÉ ET DU RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

■ LA QUALITÉ

Dans le projet de coopération, le management de la qualité est une priorité pour les deux partenaires. Ainsi la gestion de la qualité se fait sur **des critères communs** à BMW Group et PSA PEUGEOT CITROËN, tant au niveau des pièces usinées que des pièces achetées.

Dans cet objectif, la volonté commune affichée par PSA PEUGEOT CITROËN et BMW Group est de mettre en œuvre un mode de fonctionnement coordonné, permettant une transparence instantanée totale entre les 2 usines de moteurs sur tout problème qualité pouvant intervenir, et quelle qu'en soit la nature. Des orientations fortes

ont été prises dans ce sens de manière à appliquer une approche commune solidaire entre PSA PEUGEOT CITROËN et BMW Group vers les fournisseurs. Cette approche est en cours de développement de manière à être déployée uniformément sur les 2 sites de production de moteurs dès les démarrages en série successifs.

De plus, un plateau "vie-série" commun avec une équipe dédiée PSA PEUGEOT CITROËN-BMW Group chargé du suivi des moteurs de la coopération en série sur les véhicules sera mis en place. Ce plateau assurera un management commun de la qualité pour développer la réactivité, le progrès constant sur la qualité et la recherche permanente de gains.

Enfin, les objectifs qualité ambitieux du projet ont bénéficié du retour d'expérience acquis dans le développement d'autres projets moteurs et ce, particulièrement, avec la reconduction de la politique "CARTON ROUGE", qui consiste à n'accepter les retouches en ligne de montage que pour un nombre très limité d'opérations en dehors desquelles le moteur est systématiquement mis au rebut, sans récupération des pièces.

Le choix de cette méthode est issu du constat que dans la majorité des cas d'incidents en clientèle, le moteur incriminé avait fait l'objet de retouches en usine. Cette méthode radicale a fait ses preuves sur les moteurs DV ainsi que le confirment les résultats en clientèle depuis son lancement en 2001.

■ LE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Même si l'automobile n'est pas considérée comme une industrie particulièrement agressive vis-à-vis de l'environnement, les nuisances industrielles sont une préoccupation pour une large partie des citoyens, et ce, à deux niveaux : celui, quotidien, de la qualité de vie à proximité des



usines, et celui, plus général, des risques réels ou perçus d'accidents écologiques. Le groupe PSA PEUGEOT CITROËN met donc en œuvre, dans ses sites industriels, une politique globale qui vise à garantir dans tous les cas le respect de l'environnement, aussi bien en termes de protection du milieu que de qualité de vie du voisinage.

L'objectif du projet, dès son initialisation, a été d'améliorer l'existant et de contribuer à la baisse de l'impact environnemental de la **Française de Mécanique**, déjà certifiée ISO 14001. La norme ISO 14001, créée en 1996, nécessite de mettre en œuvre des moyens de maîtrise opérationnelle de surveillance, de contrôle et de mesure des effets des process sur l'environnement. Pour ce faire, son application nécessite une formation appropriée de l'ensemble du personnel. Ce système est conçu pour atteindre des objectifs environnementaux fixés pour chaque site. Elle a une valeur à l'échelle mondiale.

A la **Française de Mécanique**, des études de risques industriels conséquentes ont été menées pendant les phases de définition des process et des ateliers, validées par les instances administratives.

Le projet s'est engagé dans la voie du zéro rejet par la voie de l'analyse fine de ses rejets industriels et de leur traitement. Ainsi, les eaux de lavage des pièces seront traitées par évapo-concentration. Les eaux propres récupérées seront réinjectées dans le process, les résidus ultimes étant détruits par des centres compétents ainsi que les fluides de coupe usagés. La station d'épuration de la Française de Mécanique n'est ainsi plus sollicitée. De plus, la majeure partie des conditionnements pièces utilisés est en emballage permanent, diminuant ainsi les volumes à recycler.

La **Fonderie de Charleville** respecte également son engagement dans la certification ISO 14001 depuis 2002 et l'ajout de ce nouveau processus s'intèg-

ra dans le même esprit, aussi bien par le maintien de ses performances dans les domaines du traitement des déchets que par l'implication de l'ensemble du personnel présent sur les chantiers.

Inauguré en janvier 2001, le site de **Hams Hall** est extrêmement moderne dans sa conception et sa construction. Conformément aux standards internationaux du réseau de production de BMW Group, le site investit en permanence dans les meilleures technologies afin de réduire au maximum son impact sur l'environnement.

Dans cette optique, l'impact réel ou potentiel de l'ensemble des activités industrielles du site sur l'environnement est régulièrement évalué. Par ailleurs, BMW Group met régulièrement en œuvre des mesures destinées à améliorer la performance écologique du site en limitant la pollution, en éliminant, réduisant et recyclant les déchets. Les objectifs du site en matière de protection de l'environnement sont supérieurs aux normes réglementaires et, à chaque fois que cela est possible, aux recommandations de l'Agence (Européenne) pour l'environnement.

Le site de Hams Hall a reçu la certification ISO 14001 en juin 2001, soit six mois après sa mise en production. L'usine fait l'objet chaque année d'un audit interne et mène parallèlement des études environnementales, à l'échelon local, pour garantir le respect de toutes les réglementations applicables et pour identifier les axes de progrès potentiels. L'impact environnemental de tous les projets réalisés sur le site fait l'objet d'une évaluation au stade de la planification, mais aussi, au cours de leur mise en œuvre, afin de garantir l'identification et la prise en compte de tous les problèmes potentiels.

En 2004, grâce à l'ensemble de ces mesures et procédures, pas moins de 94 % des déchets



produits sur le site ont été triés et recyclés. La même année, la consommation d'eau a été réduite de 17 % et la quantité de déchets secs déposés en décharge a diminué dans les mêmes proportions. L'eau de pluie, récoltée sur le toit du site de production et de l'immeuble de bureaux, est acheminée vers des bassins de rétention, qui permettent de réguler le débit du cours d'eau local et d'éviter ainsi un engorgement du système de drainage des eaux de surface du site. Les eaux de ruissellement et les nappes phréatiques sont contrôlées tous les mois afin d'anticiper toute modification de leur niveau susceptible d'avoir un impact sur l'environnement.

En 2004, la consommation énergétique par moteur produit a été réduite de 28 % par rapport à 2003, grâce à différentes mesures : installation de variateurs de vitesse, amélioration de l'efficacité des systèmes de traitement de l'air, de contrôle de l'air comprimé, de chauffage et d'éclairage. Parallèlement, le personnel a été impliqué par le biais de campagnes de communication sur les économies d'énergie. Les mesures de réduction de la consommation d'énergie, mises en œuvre en 2004, représentent une diminution totale de 4 346 tonnes des émissions de CO₂.

Aucune des activités du site de Hams Hall n'est susceptible d'avoir un impact sur la qualité de l'air. Les émissions et la consommation de l'essence utilisée dans les bancs d'essais sont contrôlées en permanence. En outre, ces bancs d'essais sont tous dotés d'équipements catalytiques. Tous les systèmes de traitement de l'air, y compris ceux de la zone de production, sont équipés de filtres à particules, évitant ainsi les rejets polluants dans l'atmosphère.

Loin d'être l'objet de critiques ou d'attaques de la part de groupes écologistes, le site de Hams Hall est au contraire reconnu dans la région de West Midlands pour son attitude citoyenne en matière d'environnement et est fréquemment cité, par les observateurs et les organisations concernées, comme un exemple de "meilleures pratiques".

En 2003, l'action du site pour la protection de la faune et de la flore locales et en faveur de l'environnement lui a valu d'être primé par le West Midlands Wildlife Trusts et le Warwickshire Wildlife Trust, première organisation locale de protection de la nature. La même année, il a également reçu le Civic Trust Award, distinction régionale saluant les normes architecturales des bâtiments, la qualité de l'aménagement paysager et son intégration parfaite dans l'environnement.

Ces réalisations et ces distinctions sont le point d'orgue de l'ensemble des mesures mises en œuvre pour recréer un environnement en parfaite harmonie avec le paysage, encore en majorité champêtre, de cette zone. Outre quelques jardins et pièces d'eau aménagés, une île artificielle, où les oiseaux viennent nicher, a été implantée au milieu du plus grand lac (57 millions de m³ d'eau), lui-même riche en poissons. La végétation a été laissée aux soins de la nature et les visites de l'équipe de paysagistes sont strictement limitées. La diversité de la végétation sur le site sert de refuge à toute sorte d'animaux.

Le site de Hams Hall est même devenu un centre de conférences pour divers organismes locaux de protection de l'environnement (West Midlands Biodiversity Partnership, West Midlands Regional Assembly et Warwickshire County Council) cherchant à promouvoir des comportements citoyens auprès d'autres entreprises et organisations dans les domaines de la préservation de l'environnement, de la gestion des déchets et de la consommation d'énergie.

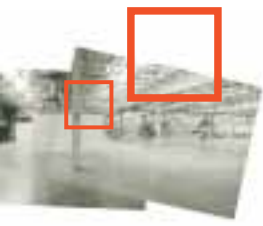


ANNEXES

I - LE PROCÉDÉ À MOULE PERDU : COMMENT ÇA MARCHE ?

II - LES USINES DU PROJET

- Française de Mécanique
- Charleville
- Le Pôle Métallurgie de Mulhouse
- Hams Hall



Le procédé à modèle perdu

Technique innovante utilisée en fonderie, le procédé à modèle perdu (PMP) ou « lost foam » constitue une alternative intéressante à des techniques de fonderie plus classiques comme le moulage « coquille ». Economique et efficace, il permet de produire des pièces de formes complexes (ex : culasses) avec une très fine précision.

1 Fabrication du modèle

Une réplique exacte de la pièce à fondre est réalisée en polystyrène expansé (matière qui fond à la chaleur). Pour une pièce à géométrie complexe (cavités internes, allègements, renforts...), différentes parties peuvent être assemblées puis collées pour former le modèle.

2 Application de la couche réfractaire

Plusieurs modèles sont ensuite montés en « grappe » et plongés dans un bain pour être enduits d'une couche réfractaire qui, en séchant, devient rigide.



3 Moulage

La grappe est alors noyée dans du sable calibré qui, sous l'effet de vibrations, vient remplir tous les creux des modèles et se compacte. Le sable forme ainsi le moule dans lequel la pièce sera coulée.

4 Fabrication de la pièce

Le métal en fusion est enfin coulé dans le moule. Sous l'effet de la température, le polystyrène se décompose (pyrolyse) et laisse sa place à l'alliage. Après refroidissement, la pièce métallique est extraite du sable, réplique parfaite du modèle. La couche calcinée est nettoyée de la surface de la pièce. Le sable, quant à lui, est recyclé.





LES USINES DU PROJET

■ FRANÇAISE DE MÉCANIQUE (PSA PEUGEOT CITROËN)

Créée en 1969, la Française de Mécanique, située à Douvrin, est détenue à part égale par le groupe PSA PEUGEOT CITROËN et Renault ; elle est l'un des plus importants centres de production de moteurs au monde. Elle compte 4 500 salariés.

Ses départements de mécanique-usinage et assemblage fabriquent des moteurs à raison de plus de 8 000 unités par jour (TU et DV pour PSA PEUGEOT CITROËN, D pour Renault, ES/L pour PSA PEUGEOT CITROËN et Renault).

Ce site est également doté d'une unité de fonderie, qui cessera son activité fin 2005.

La Française de Mécanique fabriquera fin 2005 la nouvelle famille de petits moteurs essence, fruit de la coopération entre le groupe PSA PEUGEOT CITROËN et BMW Group, dans une nouvelle unité de production (capacité de 2 500 moteurs par jour).

■ CHARLEVILLE (PSA PEUGEOT CITROËN)

Créée en 1974 au pied du massif des Ardennes, la Fonderie de Charleville réalise les pièces brutes, en fonte à graphite sphéroïdal et en alliage d'aluminium (pièces de groupes motopropulseurs et de liaisons au sol) destinées aux unités d'usinage ou d'assemblage du groupe.

Charleville dispose également d'un atelier prototype qui réalise des éléments de fonderie pour les futurs moteurs et véhicules du groupe. La fonderie produit chaque jour 300 tonnes de pièces en fonte (pivots de direction, longerons, supports traverses, bras de suspension) et 166 tonnes de pièces en alliages d'aluminium (culasses, supports moteurs, carters moteurs V6, éléments de liaison au sol). Elle compte 2 680 salariés.

■ LE PÔLE MÉTALLURGIE DE MULHOUSE (PSA PEUGEOT CITROËN)

Le Pôle Métallurgie de Mulhouse (PMM), implanté sur le site de Mulhouse, regroupe depuis septembre 2003 l'activité des usines de

forge, de fonderie et d'outillage. PMM est constitué de trois départements opérationnels (Forge, Fonderie et Outillage) et de cinq fonctions d'appui (Qualité, Gestion, Coordination de la Production, Management, Synthèse Industrielle).

Le département **Forge** produit 70 % des pièces forgées en acier (250 types) utilisées dans le groupe. Il s'agit de pièces à haute technicité permettant l'endurance et la sécurité des moteurs, des boîtes de vitesses et des éléments de transmission et de trains. Les techniques utilisées sont variées : estampage traditionnel, forgeage à mi-chaud et à froid, traitement thermique et parachèvement des pièces. La forge réalise une production journalière de plus de 400 tonnes livrées aux usines mécaniques de PSA PEUGEOT CITROËN.

Le département **Fonderie** est une fonderie d'aluminium sous pression qui fournit, pour environ 35 % des besoins du groupe, des carters cylindres et des chapeaux de paliers des moteurs comportant des inserts. La fonderie réalise une production journalière de plus de 100 tonnes.

Le département **Outillage** a pour mission de concevoir, fabriquer et commercialiser des outillages de forge, de fonderie et d'emboutissage destinés essentiellement aux usines de bruts du groupe mais aussi à une clientèle extérieure.

L'effectif total de PMM est de 1 440 personnes.

■ LE SITE HAMS HALL (BMW GROUP)

Inauguré en janvier 2001, le site de Hams Hall est le centre d'excellence du réseau international de production du groupe BMW pour les moteurs essences 4-cylindres (1,6, 1,8 et 2,0 litres). Les moteurs produits à Hams Hall sont les premiers à intégrer la technologie Valvetronic de BMW.

En janvier 2005, le 500 000^{ème} moteur produit à Hams Hall est sorti des lignes de production du site. Les moteurs fabriqués sur ce site britannique sont ensuite expédiés vers les usines automobiles de BMW en Allemagne (Münich, Regensburg et Leipzig), en Afrique du Sud (Rosslyn) et aux États-Unis (Spartanburg). Ils équipent les versions essence 4-cylindres des BMW série 1, série 3 et du Roadster Z4. Le site compte actuellement 650 employés.

