

Christophorus

Porsche Magazin 2/96

«Time is money»

l'expérience de Porsche avec
la coulée sous vide MCP



Conduire et
apprécier Porsche :
découvrir la Provence
au volant de la
911 Targa

Production Porsche :
une nouvelle usine
pour la Boxster

Technique Porsche :
recherche commune
des constructeurs
pour un air plus pur

Reédité avec l'aimable autorisation de
«Christophorus» (Porsche Magazine)

Time is money

Comment les ingénieurs de Weissach ont réussi à gagner 90 % en coûts et 95 % en temps

Par Klaus-Dieter Lehner et Roland Essig (texte) et Christoph Bauer (photos)

La diminution des cycles de vie des modèles, l'accélération des temps de réaction aux demandes de la clientèle ou tout simplement les besoins du marché entraînent des processus de développement toujours plus courts au sein de la concurrence internationale sur le marché de l'automobile.

C'est une véritable révolution qu'ont accomplie les secteurs du prototypage et de la modélisation au cours des cinq dernières années. Alors qu'il fallait encore de quatre à huit semaines dans les années quatre-vingt pour construire le premier prototype après la phase de conception, les décideurs des départements développement, fabrication et marketing peuvent aujourd'hui évaluer la qualité du premier prototype dès 24 heures après l'achèvement du modèle, ainsi que les répercussions techni-

ques ou esthétiques d'éventuelles modifications.

Les ingénieurs du centre de développement de Weissach avaient déjà hérité d'un progrès majeur lorsque la modélisation conven-



*Les ingénieurs Porsche
en direct de Weissach*

tionnelle, fastidieuse et relevant pour la plus grande part d'un travail manuel, fut abandonnée au profit des procédés de conception et de fabrication assistées par ordinateur (CAO, FAO) et de l'usinage à enlèvement de copeaux sur une machine à commande numérique. Mais la véritable percée technologique eut lieu en 1990 lorsque le centre de développement

de Weissach adopta le prototypage rapide par coulage sous vide de pièces en résine polyol dans des moules en silicone.

Les modèles requis à cet effet peuvent être fabriqués par stéréolithographie. Avec ce procédé, le composant conçu par CAO (conception assistée par ordinateur) est construit directement à partir du fichier de données CAO et formée par photopolymérisation de fines couches de résine liquide à l'aide d'un scanner laser. De cette façon, les polymères photodurcissants donnent naissance à un modèle primaire solide en trois dimensions. Lorsque le culot et le plan de joint du moule silicone ont été définis, le modèle est placé dans une jaquette. Le caoutchouc de silicone évacué est alors coulé autour du modèle et durci par passage en four. Le modèle est ensuite extrait du



Modèles conçus par Stéréolithographie

Du travail manuel au prototypage rapide en passant par la CAO/FAO

Le procédé de coulage sous vide ramène le temps de production des pièces primaires de quatre à huit semaines autrefois, à huit à douze heures aujourd'hui et permet de réduire les coûts généraux à seulement cinq à dix pour cent du montant d'origine. Toutefois, cette technologie ne peut pas remplacer l'outil de série.

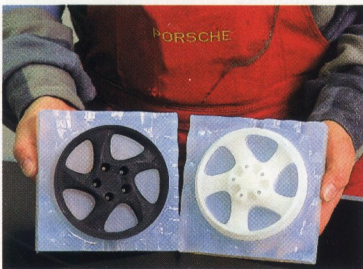
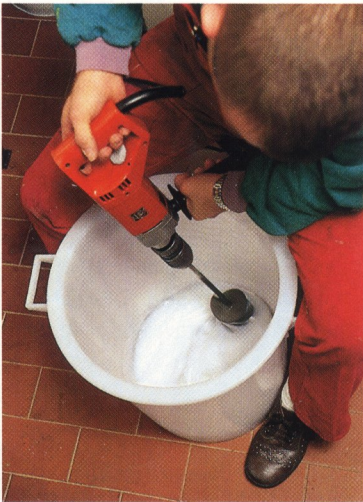
moulage en silicone par découpage du plan de joint après durcissement. Il est possible de réutiliser le moule en caoutchouc de silicone ainsi formé de dix à quarante fois selon la complexité de la pièce.

La fabrication des prototypes à proprement parler commence avec la pesée du matériau à deux composants à base de résine polyol auquel on ajoute des pigments de couleur si nécessaire. Les composants résineux subissent ensuite un mélange commandé par ordinateur et sont coulés automatiquement dans la chambre à vide. Les moules sont ensuite extraits après durcissement en four, les passages de ventilation et le culot sont découpés et les pièces finies font éventuellement l'objet d'un traitement de surface ou sont galvanisées.

L'un des autres avantages du coulage sous vide dans les moules silicone réside dans la possibilité de fabriquer et de démouler sans problèmes des pièces avec contre-dépouilles, comme des clips par exemple. Selon le matériau de départ – de la résine synthétique la plupart du temps – on peut aussi modifier les caractéristiques du prototype. Il est ainsi possible de fabriquer des éléments durs résistant aux coups, de même que des pièces élastiques, en fonction du type de résine.

Cette large gamme de possibilités allant des matériaux durs aux matériaux mous, ouvre la porte à des champs d'application exceptionnellement nombreux. Ce procédé a été largement utilisé pour le Boxster Porsche mis en

Prototypes réalisés avec le système de coulée sous-vide MCP
distribué par «HEK GmbH, Lubeck, Allemagne»



Mélange et coulage sous vide de caoutchouc au silicone (au centre), moule silicone avec modèle stéréolithographique (ci-dessus). Pied de rétroviseur pour analyse fonctionnelle, pales réglables pour essais d'écoulement (ci-contre).



Porsche et le prototypage rapide

production cette année, pour lequel on a fabriqué des pièces des stades de production 1 et 2, de la grille de prise d'air latérale aux commutateurs et grilles d'aération, en passant par les nombreux joints.

On peut même aller jusqu'à reproduire l'état de la surface d'origine sur la pièce primaire, dans la mesure où les pièces peuvent prendre l'apparence du verre de même que n'importe quelle nuance de couleur.

Les avantages offerts par ce nouveau procédé ne se limitent donc pas à cette substantielle économie de coûts et de temps évoquée précédemment. Ils permettent en effet également de reproduire une pièce avec une fidélité jusque-là irréalisable et à un coût accessible.

Lorsqu'il arrivait autrefois qu'un donneur d'ordre doive ramener un modèle de Weissach dans son entreprise, les ingénieurs de Porsche



La diversité des modèles et prototypes possibles avec ce nouveau procédé est impressionnante (à g.)



Les ingénieurs Porsche
en direct de Weissach

qui s'occupaient de sa commande en étaient, au moins provisoirement, privés. Aujourd'hui, il suffit d'une journée de travail pour en construire une réplique. □

Nombre de modèles selon l'application

Stade de développement	Application du modèle	Nombre souhaité
Conception	Conception du nouveau produit	1
Esquisse artistique	Contrôle et confirmation de l'image du produit	de 1 à 4
Design	Contrôle et confirmation du design (montage du modèle)	de 4 à 10
Recherche & développement	Contrôle et calcul d'analyse fonctionnelle, modèle opératoire	de 10 à 50
Construction mécanique	Contrôle et confirmation des coûts et préparation pour mise en production	de 50 à 5 000
Développement et administration	Contrôle total et confirmation du déroulement de la production	de 1 à 5 000

Tableau comparatif des procédés de fabrication pour la construction des modèles, prototypes et petites séries

Procédé de formage	Coûts	Poids de moulage ou d'injection	Temps de fabrication	Quantité	Taux de réutilisation
Moule en acier (par enlèvement de copeaux)	100 %	illimité	60 jours	plus de 100 000	< 5 %
Zinc pur (coulé)	70 %	4 kg	de 40 à 50 jours	10 000	90 %
Nickel (application par galvanisation)	23 %	de 2 à 4 kg	60 jours	de 5 à 10 000	-
MCP/TAFA (injection de métal)	15 %	de 3 à 5 kg	en moins de 3 jours	de 1 000 à 6 000	90 %
Silicone	de 2 à 5 %	4 kg	de 8 à 12 heures	< 100	-