



LIVRE BLANC

# La fabrication de moules avec l'impression 3D : six techniques pour le prototypage et la production

La fabrication de moules avec l'impression 3D de bureau permet aux ingénieurs et aux concepteurs de mettre à profit leur imprimante 3D non seulement pour le prototypage rapide, mais aussi pour imprimer directement leurs pièces en 3D. La fabrication de moules ouvre la porte à toute une gamme de matériaux de production et offre la possibilité de produire des petites séries et de tester la conception des moules avant d'investir dans des outillages coûteux.

Ce livre blanc répond à la question suivante : quels processus de fabrication de moules sont possibles avec une imprimante 3D SLA en interne ?

Pour répondre à cette question, nous examinerons six techniques accompagnées d'études de cas. Ce livre blanc contient également des liens vous donnant accès à plus de recherches et de lectures sur chacun des processus de moulage. Il est à noter que l'impression 3D par stéréolithographie convient parfaitement pour les processus de moulage car les pièces imprimées sont isotropes et imperméables.

# Contenu

<b>Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>Le moulage par injection</b> .....	<b>5</b>
Procédure de travail .....	6
Étude de cas : Novus Applications améliore son processus de moulage par injection grâce à Rigid 10K Resin .....	8
<b>Surmoulage</b> .....	<b>9</b>
Étude de cas : Google ATAP .....	11
<b>Formage sous vide</b> .....	<b>12</b>
Étude de cas : comment Lush Cosmetics fait passer ses idées du concept à la réalité en moins de 24 heures grâce à l'impression 3D .....	14
<b>Moulage de silicone</b> .....	<b>15</b>
Étude de cas : Tinta Crayons .....	17
<b>Moulage par compression</b> .....	<b>18</b>
Étude de cas : moulage rapide de silicone pour les prototypes de joints .....	20
<b>Moulage composite</b> .....	<b>21</b>
Étude de cas : moulage de carbone et pièces finales imprimées en 3D pour les voitures de course du concours Formula Student .....	23
<b>Débuter avec les moules imprimés en 3D</b> .....	<b>24</b>



## Introduction

L'impression 3D permet aux entreprises de réaliser bien plus que des prototypes et des représentations physiques de modèles CAO. L'impression 3D peut venir compléter et améliorer les techniques de fabrication traditionnelles pour offrir de nouvelles possibilités très intéressantes aux concepteurs de produits, ce qui, au final, permet de créer de meilleurs produits finaux pour les consommateurs. En combinant des techniques traditionnelles telles que le moulage par injection, le thermoformage ou le moulage de silicone avec des pièces imprimées en 3D SLA, vous pouvez commercialiser vos produits plus rapidement grâce à un processus de fabrication plus rapide et plus économique.

Cette combinaison d'outils imprimés en 3D et de techniques de fabrication traditionnelles (c'est ce qu'on appelle l'« outillage rapide ») a gagné en popularité depuis que les imprimantes 3D SLA sont devenues des outils polyvalents et de qualité industrielle.

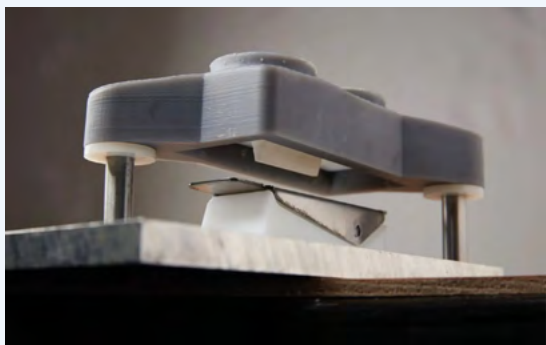
Cette croissance s'explique en partie par la multiplication des matériaux d'impression SLA haute performance qui permet aux ingénieurs d'accéder à un large éventail de matériaux plastiques. Par exemple Rigid 10K Resin : une résine à charge de verre élevée, idéale pour créer des pièces industrielles précises capables de rester dimensionnellement stables sous charge et de supporter les pressions de serrage et d'injection sans se briser. Un autre matériau, Tough 1500 Resin, associe allongement et module. Les pièces imprimées avec ce matériau peuvent se plier fortement et retrouver rapidement leur forme initiale, ce qui facilite le démoulage de la pièce. Des matériaux tels que Tough 1500 Resin et Rigid 10K Resin ont permis l'accès à toute une série d'applications exigeantes de l'outillage rapide, allant du moulage par injection au moulage composite.

La combinaison de matériaux SLA puissants et d'imprimantes haute résolution pour l'outillage rapide permet ainsi d'économiser du temps et de l'argent par rapport aux méthodes de fabrication traditionnelles telles que les machines CNC. Vous trouverez ci-dessous un exemple de ce qu'il est possible de faire en internalisant l'impression 3D SLA haute performance.

PROCÉDÉ DE FABRICATION	ÉQUIPEMENT	DÉLAI DE RÉALISATION	COÛT DES MATÉRIAUX (POUR UN MOULE À 300 ML/CM <sup>3</sup> )
Création du moule en interne et production des pièces	Form 3 et presse à injection	5–24 heures (temps d'impression du moule)	Environ 45 € en High Temp Resin
Moule SLA sous-traité	Presse à injection	3–5 jours	Environ 600 € pour le prestataire d'impression sur machine SLA industrielle
Moule en métal sous-traité	Presse à injection	1–2 semaines	Environ 5500 € pour le prestataire, moule usiné en aluminium
Création et production du moule sous-traités	Aucun, sous-traitance complète	1–3 semaines	Peut aller de 3400 € à 12 800 € en fonction du volume et des matériaux

Dans ce livre blanc, nous présentons un aperçu des procédures de travail suivantes pour l'outillage rapide :

1. Moulage par injection
2. Surmoulage
3. Formage sous vide
4. Moulage de silicone
5. Moulage par compression
6. Moulage composite



Ce rapport est axé sur les processus de moulage des plastiques, du caoutchouc et des composites, mais il est également possible d'utiliser l'impression 3D SLA pour améliorer les procédures de travail du formage de tôle.

Poursuivez votre lecture pour découvrir les détails de ces procédures de travail pour l'outillage rapide, et pour consulter des études

de cas réelles montrant comment des entreprises ont économisé des centaines de milliers de dollars et des semaines, voire des mois.



*Un moule imprimé en 3D avec Rigid 10K Resin pendant le processus de moulage par injection.*

## Le moulage par injection

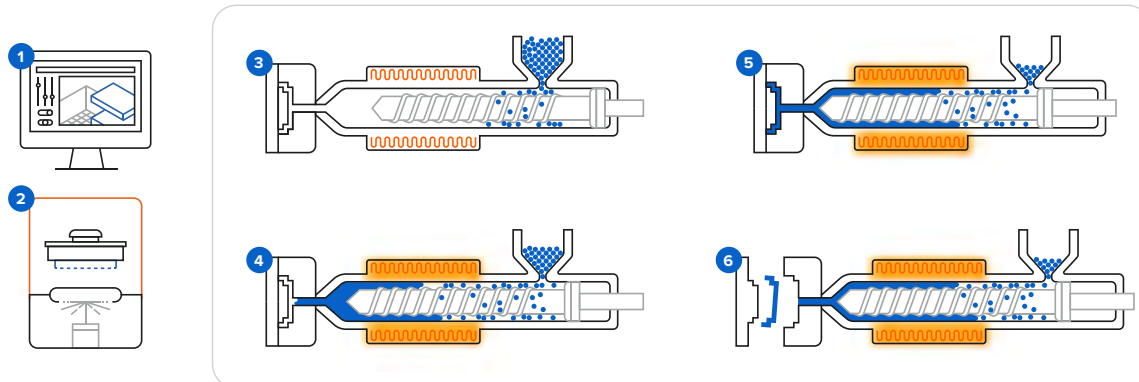
Le moulage par injection est l'un des procédés de fabrication plastique les plus répandus. Il est largement utilisé pour la production en série de pièces identiques à très faibles tolérances. C'est une technologie rentable et extrêmement reproductible qui produit des pièces de qualité élevée en grande série. Elle peut produire des volumes de 1000 à plus de 100 000 pièces pour un coût unitaire très faible. La durée de cycle du moulage par injection est courte, chaque machine étant capable de produire de nouvelles pièces toutes les 15 à 60 secondes.

L'impression 3D de bureau est une solution puissante pour fabriquer des moules d'injection rapidement et à moindre coût. Elle nécessite un équipement très réduit et libère du temps d'usinage ainsi que les opérateurs qualifiés, qui peuvent se consacrer à des tâches à plus haute valeur ajoutée. Les fabricants peuvent profiter de la vitesse et de la flexibilité de l'impression 3D en interne pour créer un moule, et coupler cette impression à la puissance de production du moulage par injection pour réaliser des séries à partir de thermoplastiques courants en quelques jours à peine. Ils peuvent même réaliser des formes de moule compliquées qui seraient difficiles à fabriquer par les méthodes traditionnelles et qui peuvent être utilisées sur les machines de moulage industrielles et de bureau, ce qui permet aux équipes de développement d'être plus innovantes. De plus, le développement de produits permet de parfaire le modèle et de tester le matériau d'utilisation finale avant d'investir dans un outillage définitif.



## PROCÉDURE DE TRAVAIL

### LE MOULAGE PAR INJECTION AVEC DES MOULES IMPRIMÉS EN 3D



- 1 Conception du moule    2 Impression du moule en 3D    3 Installation du moule    4 Injection  
5 Refroidissement    6 Démoulage

Les moules d'injection doivent résister aux pressions de serrage, aux pressions d'injection, aux températures d'injection et à tous les liquides de refroidissement ou agents de démoulage qui pourraient être utilisés. Cela permet de s'assurer que le moule pourra être utilisé de manière répétée au fil du temps et qu'il produira systématiquement des pièces fidèles au modèle original. Formlabs propose toute une gamme de matériaux résistants à ces contraintes et capables de remplacer les moules en aluminium pour la fabrication de petites séries.

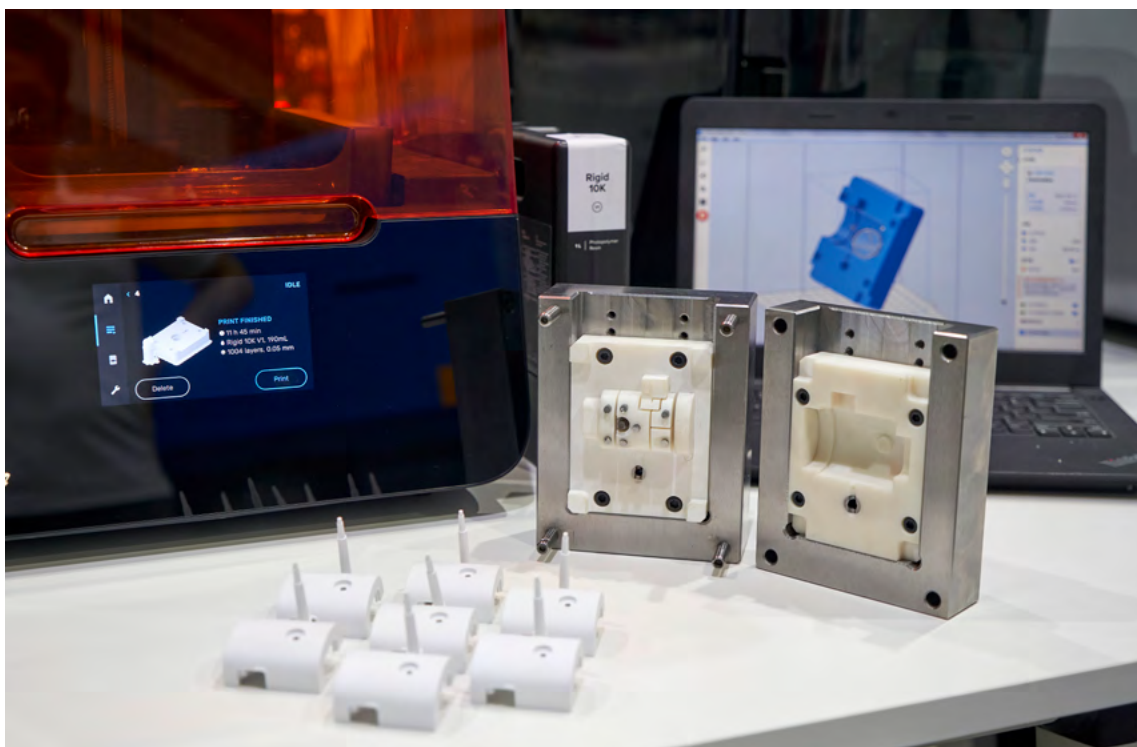
- Pour permettre le moulage par injection en petite série, Formlabs a développé Rigid 10K Resin. La solidité, la rigidité et la thermorésistance de Rigid 10K Resin en font un matériau idéal pour les moules d'injection. Rigid 10K Resin a une température de fléchissement sous charge de 218 °C à 0,45 MPa et un module de traction de 10 000 MPa, ce qui en fait un matériau de moulage résistant, extrêmement rigide et thermiquement stable qui conserve sa forme sous les contraintes de pression et de température afin de produire des pièces précises.
- High Temp Resin est un autre matériau qui peut être envisagé lorsque les pressions de serrage et d'injection ne sont pas trop élevées et que Rigid 10K Resin ne peut pas atteindre les températures d'injection requises.
- Grey Pro Resin doit être choisi en cas de faibles températures et pressions, ainsi que lorsque la précision dimensionnelle de votre pièce moulée est moins essentielle. Les moules fabriqués en Grey Pro Resin se plieront avant de se briser, ce qui peut potentiellement accroître leur longévité, mais risque de détériorer la précision au fur et à mesure de leur utilisation.

Braskem, l'une des plus grandes entreprises pétrochimiques au monde, a effectué 1500 cycles d'injection en utilisant un insert de moule imprimé en 3D avec High Temp Resin pour produire des sangles de masque. L'entreprise a imprimé l'insert et l'a placé dans un moule métallique générique, intégré au système d'injection. C'est une solution puissante pour produire rapidement des séries de moyen volume. L'insert imprimé peut être remplacé si le modèle évolue, ou en cas de défaillance. Cette méthode permet de créer à la demande des moules aux géométries élaborées qui seraient difficiles à fabriquer avec des méthodes traditionnelles, tout en maintenant une cadence de production élevée.

High Temp Resin convenait parfaitement aux applications du moulage par injection de Braskem. Mais la résine peut être assez fragile. C'est pourquoi d'autres utilisateurs se sont tournés vers Grey Pro Resin ou vers Rigid 10K Resin pour créer des moules à injection.

Le tableau ci-dessous résume les matériaux recommandés en fonction des différentes conditions de moulage.

CRITÈRES	RIGID 10K RESIN	HIGH TEMP RESIN	GREY PRO RESIN
Température de moulage élevée	••	•••	•
Durée de refroidissement plus courte	••	•••	•
Haute pression	•••	•	••
Nombre de cycles augmenté pour des géométries complexes	•••	•	••



*Les moules à injection imprimés sur la Form 3 avec Rigid 10K Resin ont pu produire plus de 100 pièces.*

Alors que High Temp Resin a fonctionné pour Braskem, le fabricant contractuel Multiplus, basé à Shenzhen, a lui choisi Rigid 10K Resin. Avec plusieurs imprimantes 3D et machines de moulage par injection dans son atelier, Multiplus a pu produire des centaines de pièces en trois jours seulement, ce qui est nettement plus court que les trois ou quatre semaines nécessaires pour le moulage par injection des mêmes pièces avec un moule métallique usiné par CNC.

En intégrant l'impression 3D à son processus de moulage par injection, Multiplus a pu faire croître son activité, prendre plus de commandes et devenir plus compétitive, le tout en réduisant ses coûts, en améliorant ses délais de production et en permettant à ses clients de lancer de meilleurs produits sur le marché plus rapidement.



## ÉTUDE DE CAS : NOVUS APPLICATIONS AMÉLIORE SON PROCESSUS DE MOULAGE PAR INJECTION GRÂCE À RIGID 10K RESIN

Novus Applications est une société de développement de produits spécialisée dans les biens de consommation qui a réussi à accélérer son processus de moulage par injection en intégrant l'impression 3D à ses flux de travail, ce qui lui permet d'adopter une approche de fabrication agile. En imprimant en 3D des moules d'injection avec Rigid 10K Resin de Formlabs, Novus a pu atteindre le résultat désiré tout en économisant de l'argent et en gagnant quelques jours sur son planning. En conséquence, le processus est davantage automatisé. L'écosystème complet et simple d'utilisation de Formlabs facilite les premiers pas dans l'impression 3D de moules à injection.

« La production de ces pièces se fait de manière non supervisée. Je n'ai pas besoin d'un opérateur hautement expérimenté, même si j'ai besoin d'une personne s'y connaissant en impression 3D. La courbe d'apprentissage est alors plus rapide. La production a besoin de beaucoup moins de surveillance », a déclaré Mark Bartlett, président et fondateur de Novus.

Novus avait besoin d'un matériau capable de supporter la température et la pression élevées du processus tout en reproduisant des détails fins. L'insert fileté était une pièce particulièrement délicate. La résistance avancée a garanti la capacité du moule fabriqué en Rigid 10K Resin à résister aux pressions de l'injection et du serrage sans se casser, tandis que sa grande rigidité a permis au moule de conserver sa forme sous ces pressions et de produire des pièces précises. Grâce à l'ensemble des propriétés mécaniques de la résine, Novus a pu injecter des centaines de pièces en polypropylène et en polyéthylène avec seulement un moule et sans aucune casse.

Non seulement Rigid 10K Resin a montré une bonne stabilité dimensionnelle, mais elle a aussi été plus rapide et plus simple à imprimer par rapport à un fraisage dans de l'aluminium et de l'acier. « Comment elle a réagi aux pressions et aux températures appliquées par le matériel que nous utilisons ? Sa résistance a été excellente... Elle a résisté comme jamais nous n'avons vu le matériau habituel précédent [Rigid 4000 Resin] le faire, » dit Bartlett.

Pour en savoir plus sur la façon dont Novus Applications a conçu ses moules, vous pouvez consulter notre webinaire gratuit. Vous découvrirez :

- Des processus d'experts permettant de concevoir un moule pour moulage par injection imprimé en 3D.
- Quelles conditions d'impression et de moulage sont garantes de succès, avec en complément un aperçu des résines Formlabs que Novus Applications et Braskem utilisent pour leurs moules.
- Des stratégies pour la procédure de travail du post-traitement, qui comprend l'éjection et le démoulage.





## Surmoulage

Le surmoulage est un processus de moulage par injection en plusieurs étapes au cours duquel deux ou plusieurs composants sont moulés l'un sur l'autre. Le surmoulage est parfois appelé le moulage bi-matière car c'est un processus en deux étapes. Il utilise un processus similaire au moulage par injection et crée des pièces structurellement similaires.

Le surmoulage permet de fabriquer facilement des produits avec plusieurs matériaux et/ou couleurs. Le surmoulage nécessite aussi moins de main-d'œuvre (il est donc moins onéreux) comparé aux autres méthodes de fabrication où une pièce devrait être transférée dans un tout autre moule ou machine. Le surmoulage réduit le besoin d'assemblage des produits car les pièces sont fabriquées directement l'une par-dessus l'autre, ce qui leur confère une durabilité globalement supérieure.

Le surmoulage est souvent la meilleure méthode de fabrication pour les productions en grande série et/ou les produits présentant de multiples couleurs et matériaux, mais cette technique comporte aussi quelques limites qu'il faut garder à l'esprit. À l'instar du moulage par injection, le surmoulage présente un coût d'équipement excessif. Fabriquer et modifier l'outillage métallique prend du temps et coûte très cher, et les machines d'injection bi-matière sont complexes à programmer. Cela signifie qu'il faut produire un grand nombre de pièces pour lisser ces coûts.

Le prototypage est une partie cruciale du processus de développement de produits. Les concepteurs de produit et les ingénieurs ont besoin de tester les concepts et d'optimiser les éléments de conception qui n'ont encore jamais été utilisés. Mais l'inconvénient est que le prototypage de pièces surmoulées peut rapidement devenir très coûteux. Et si en plus, on dépend de sources externes pour la production des composants, il peut aussi prendre énormément de temps.

Certains des innovateurs les plus inspirés au monde surmontent ces difficultés de prototypage en combinant des procédés de fabrication tels que le surmoulage et le moulage par insertion avec l'impression 3D.



*Dame Products a utilisé le surmoulage de silicone pour encapsuler le matériel interne des prototypes bêta de ses clients.*

[Dame Products](#) est une start-up basée à Brooklyn qui conçoit des produits pour l'industrie de la santé et du bien-être. Certains produits de leur ligne présentent des formes ergonomiques complexes entièrement recouvertes d'un couche de silicone aux couleurs vives ne présentant aucun danger pour la peau. Leur équipe utilise le surmoulage en silicone dans le processus de production pour encapsuler les composants internes des prototypes en version bêta destinés aux clients.

Les ingénieurs de Dame Products peuvent prototyper en une journée des dizaines de dispositifs surmoulés réalisés avec Clear Resin en utilisant par roulements trois ou quatre moules imprimés par SLA. Pendant que le caoutchouc silicone d'un prototype est en phase de polymérisation, le suivant peut être démoulé et préparé pour le prochain remplissage. Les finitions et le nettoyage des prototypes démoulés se déroulent en parallèle.

L'impression 3D peut également intervenir dans le processus de surmoulage lors des étapes de validation et de fabrication du produit. Des concepteurs du laboratoire Advanced Technology and Projects (ATAP) de Google ont pu réduire les coûts de plus de 85 000 € et réduire leur cycle de test de trois semaines à seulement trois jours en utilisant une combinaison d'impression 3D et de moulage par insertion.



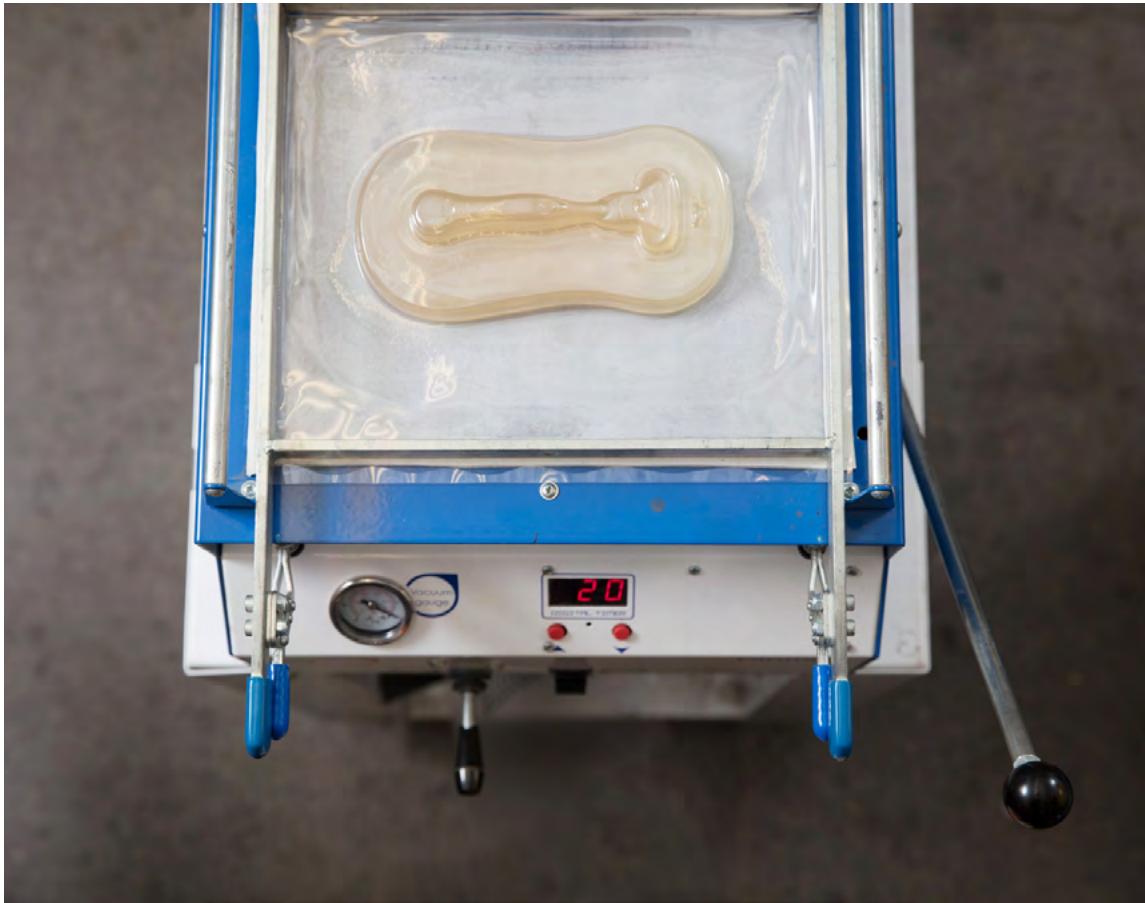
## ÉTUDE DE CAS : GOOGLE ATAP

Le laboratoire Advanced Technology and Projects (ATAP) de Google est entièrement conçu pour être le centre de référence de réalisation de projets matériels. Le laboratoire ouvre une fenêtre sur l'avenir des produits et de la production et utilise des approches innovantes de résolution de problèmes. Ces approches partent de l'idée d'itérations successives à chaque étape du développement, pour arriver à un ensemble d'outils technologiques permettant des solutions souples et créatives.

Dans un cas particulier, cette approche de l'équipe a conduit à une innovation du processus lui permettant de contourner une chaîne logistique complexe à l'étape de validation pour la pré-production d'un dispositif portable surmoulé. En utilisant High Temp Resin, ils ont pu réduire l'écart entre le prototypage et la production, diminuant de 85 % le délai de traitement des pièces essentielles, tout en économisant plus de 85 000 €.

Lisez le blog pour voir comment Google ATAP a utilisé High Temp Resin pour :

- Imprimer en 3D des coques de substitution en utilisant High Temp Resin, résistante au surmoulage avec du TPU injecté à une température supérieure à 250 °C et à 27 000 psi.
- Économiser environ 85 000 € de sous-ensembles électroniques gaspillés, et même plus encore si l'on tient compte des coûts de comptabilité et de main-d'œuvre.
- Contourner une chaîne logistique complexe et raccourcir de trois semaines à trois jours le cycle de test de validation pour la pré-production d'inserts pour circuits imprimés.



## Formage sous vide

Le formage sous vide est une méthode de fabrication utilisée pour donner une forme aux matériaux plastiques. Elle fait partie des méthodes de fabrication les plus répandues pour créer l'emballage de divers produits. Lors du processus de formage sous vide, une feuille de plastique est chauffée puis plaquée sur un moule par aspiration. Des salades composées vendues en magasins au couvercle de votre café à emporter, sans oublier les dispositifs électroniques haut de gamme, le moulage sous vide sert à fabriquer des emballages légers et rentables.

Le procédé de formage sous vide est relativement simple. Il nécessite quatre éléments principaux : un moule ou un outil, qui va donner sa forme à la pièce finie, une feuille de plastique, une source de chaleur et une pompe à vide. La feuille de plastique est chauffée aussi uniformément que possible jusqu'à ce qu'elle devienne molle et souple, puis elle est déposée sur le moule ou l'outil. Ensuite le vide est fait et la pièce est laissée à refroidir avant de la retirer du moule.

Réaliser des moules pour le formage sous vide par des procédés de fabrication traditionnels, comme l'usinage ou le moulage, est long et coûteux, surtout quand les formes sont complexes, que les surfaces sont texturées ou qu'elles comportent des éléments fins. Les concepteurs et les ingénieurs se tournent de plus en plus vers des moules et des outils imprimés en 3D pour le formage sous vide, parce qu'ils sont plus rapides et moins coûteux à réaliser. De plus, il est facile d'incorporer des détails fins comme du texte et des textures complexes à ces moules et outils imprimés en 3D, sans augmenter le coût par pièce.

Les imprimantes 3D SLA de Formlabs produisent des impressions lisses et de haute résolution qui sont parfaites pour le formage sous vide de moules. L'impression SLA offre une liberté de conception presque totale, et la possibilité d'imprimer des moules complexes et détaillés. De plus, l'impression 3D SLA en interne permet des délais d'exécution rapides et à petit prix, notamment pour les petites séries, les pièces personnalisées et les prototypes.



*Moule imprimé en 3D pour le formage sous vide d'emballages.*



## ÉTUDE DE CAS : COMMENT LUSH COSMETICS CONCRÉTISE SES IDÉES EN MOINS DE 24 HEURES GRÂCE À L'IMPRESSION 3D

Mondialement connue pour ses produits de beauté faits main, créatifs et attrayants tels que les barres de massage, les crèmes pour le corps, les bombes de bain et bien d'autres, la chaîne aux 928 boutiques réparties dans 48 pays attribue son succès au fait de pouvoir répondre rapidement aux tendances et aux demandes des clients.

Pour augmenter ses capacités de conception de produits, Lush Cosmetics a ouvert en 2018 un pôle de recherche et de développement de pointe, équipé de différentes technologies de fabrication additive. Ils ont ainsi commencé à utiliser l'impression 3D en vue de créer des moules pour le formage sous vide.

Les deux résines les plus couramment utilisées pour le formage sous vide sont Grey Resin et Draft Resin. Grey Resin offre des surfaces lisses et très détaillées qui sont idéales pour le processus de formage sous vide. Pour les utilisateurs qui n'ont pas besoin d'une surface très détaillée, Draft Resin est la résine SLA de Formlabs la plus rapide, s'imprimant jusqu'à quatre fois plus vite que Grey Resin. Cela permet aux équipes de réaliser rapidement des impressions pour le formage sous vide, accélérant ainsi le processus de développement.



Lush Cosmetics utilise des techniques de formage sous vide pour créer des moules pour les nouveaux modèles de cosmétiques. L'impression 3D des conceptions de moules avec leur imprimante Formlabs représente un grand avantage pour Lush, car elle permet de produire rapidement de nouveaux prototypes. De plus, les moules imprimés en 3D permettent de facilement incorporer de petites caractéristiques telles que des lettres et des textures complexes, sans augmenter le coût par pièce.

Dans cette étude de cas, vous apprendrez :

- Comment l'entreprise fait passer ses idées de la conception à la fabrication en moins de 24 heures.
- Comment ils ont utilisé des outils de fabrication numérique pour répondre à 580 demandes en six mois seulement.
- Comment ils repensent les procédures de travail traditionnelles en y intégrant l'impression 3D.



*Les moules en silicone d'une pièce sont idéaux pour les formes comportant une surface plane sans contre-dépouilles profondes.*

## Moulage de silicone

La flexibilité du silicone le rend facile à travailler, et les moules en silicone sont de plus en plus utilisés dans de nombreux secteurs, notamment ceux des biens de consommation et de la joaillerie. Le silicone est un matériau de choix pour la fabrication de moules, car il offre un grand nombre d'avantages. Vous pouvez personnaliser vos conceptions grâce au moulage en silicone. Ces moules sont durables et peuvent donc être utilisés de manière répétée sans risque de casse. L'origine minérale du silicone, en comparaison avec le caoutchouc, son équivalent organique, en fait un matériau hautement résistant à la chaleur et au froid, aux expositions chimiques et même aux champignons.

L'impression 3D permet aux utilisateurs d'imprimer directement des moules, permettant ainsi à toute personne possédant des compétences en CAO et une imprimante 3D de produire des petites séries. Mais avant de commencer à fabriquer vos moules, vous devez déterminer quel type de moule(s) convient à votre application.

Les moules en silicone d'une pièce sont comme des bacs à glaçons. Vous remplissez le moule puis laissez le matériau durcir. Néanmoins, comme les bacs à glaçons qui créent une face plane, les moules d'une pièce ne sont utilisables que pour des formes comportant une surface plane. Si votre master comporte des contre-dépouilles profondes, il sera aussi plus difficile à retirer. Il en sera de même pour les pièces terminées qui seront difficiles à retirer sans dommage, une fois le silicone durci.

Si ces contraintes ne posent pas de problème dans votre cas précis, un moule en silicone d'une pièce est le moyen idéal de créer une reproduction 3D homogène de votre master sur toutes les autres faces.

Un moule en silicone en deux pièces est plus adapté pour reproduire un master 3D sans surface plane ou avec des contre-dépouilles profondes. Le moule est constitué de deux pièces qui s'emboîtent pour former une cavité 3D que l'on peut remplir (similaire au moulage par injection). Les moules en deux pièces ne laissent pas de surface plane et sont plus faciles à manipuler que les moules d'une pièce. Par contre, ils sont un peu plus complexes à créer et des joints apparents peuvent se former si les deux pièces ne sont pas exactement alignées.



*Les moules en silicone en deux pièces peuvent reproduire des masters de tout type (source de l'image)*

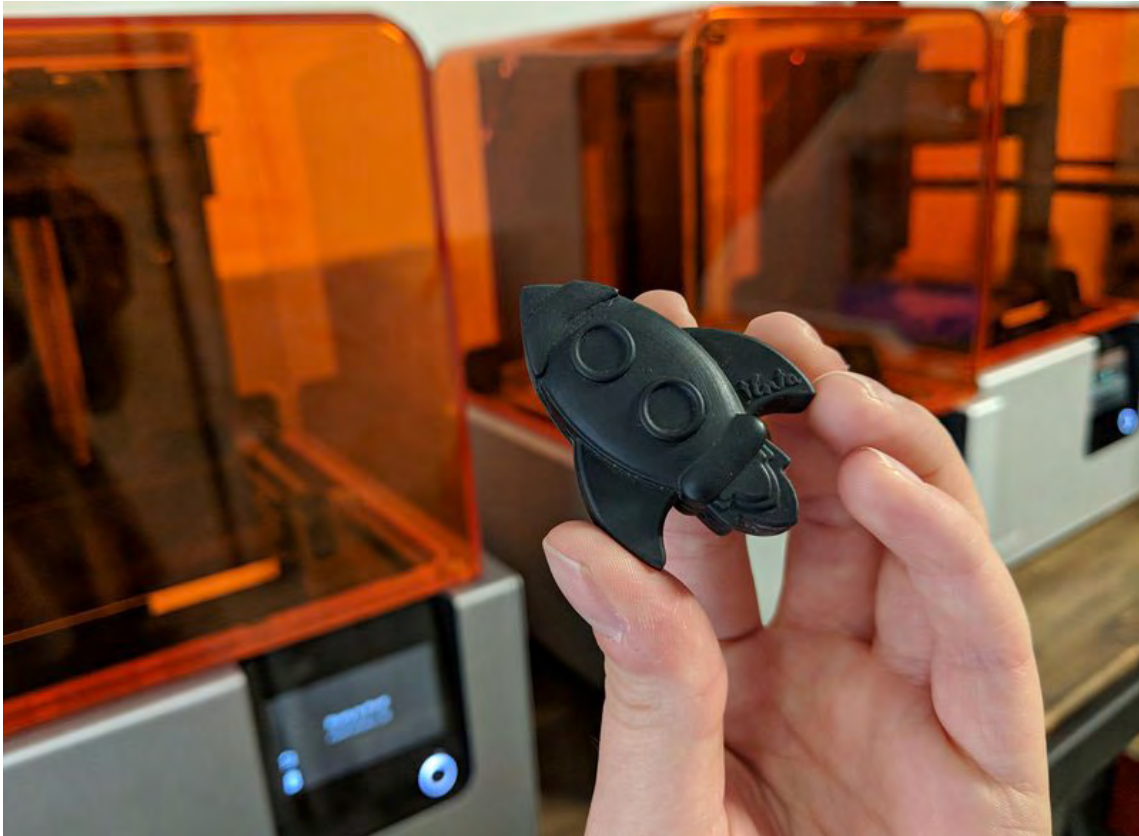
Le modèle, parfois appelé le master, est la pièce utilisée pour créer un négatif précis pour votre moule en silicone. Si vous cherchez simplement à reproduire un objet existant, vous pouvez utiliser cet objet comme modèle. Vous devez juste vous assurer que l'objet pourra supporter le processus de fabrication du moule.

De nombreux professionnels et concepteurs commerciaux choisissent d'imprimer des motifs en 3D. Les imprimantes 3D de bureau offrent de nombreux avantages, parmi lesquels une grande souplesse de conception grâce aux logiciels CAO, une grande précision, une facilité à modifier les prototypes, et des délais d'exécution courts.

De nombreux utilisateurs se tournent vers Clear Resin pour créer des moules en silicone. Clear Resin est la plus couramment utilisée, car elle permet une vérification visuelle du remplissage du moule. Cependant, en fonction de votre pression de serrage, d'autres résines de notre famille de résines Tough et Durable peuvent être plus appropriées.

Que ce soit pour des produits alimentaires, des figurines ou des composants commerciaux, les processus de production sont divers et variés. Différentes méthodes de production sont fréquemment combinées pour obtenir les meilleurs résultats. Il s'agit donc de comprendre les avantages et les inconvénients de chaque méthode pour pouvoir prendre les meilleures décisions concernant votre projet.

## ÉTUDE DE CAS : TINTA CRAYONS



*Un moule de fusée imprimé avec Black Resin.*

Tinta Crayons est une petite entreprise australienne de crayons fondée par deux mères de jeunes enfants. Elles ont créé leur propre formule de cire non toxique et respectueuse de l'environnement, et se servent des moulages en silicone pour produire de petits volumes de crayons aux formes fantaisistes avec beaucoup de détails.

Leur procédé commence avec la création d'une copie du produit fini (le master) en résine standard Formlabs. Cette pièce est ensuite dupliquée en cire, d'abord en moulant un plateau de silicone autour du master, puis en moulant la cire dans ce plateau en silicone. Ce processus utilise l'impression 3D pour procéder efficacement à la rétro-ingénierie d'une pièce, et utilise ensuite la pièce imprimée en 3D pour créer un moule. Le moule est ensuite utilisé pour produire de nouvelles copies de l'objet original.

Cette conception en moule ouvert est parfaitement adaptée à la reproduction de pièces ayant un côté plat. Cette méthode peut être étendue à d'autres matériaux comme le béton ou les résines époxy en deux produits. Contrairement aux moules complètement fermés, elle permet aussi de s'adapter à des matériaux qui chauffent pendant la polymérisation, qui se contractent, ou qui au contraire se dilatent comme les mousses moulables.





*Le moule est comprimé à l'aide d'un étau d'établi.*

## Moulage par compression

Le moulage par compression est un procédé de fabrication lors duquel une quantité précise de matériau à mouler généralement préchauffé (habituellement appelé la charge) est comprimée à l'aide de deux moules chauffés pour lui donner la forme désirée.

En règle générale, le moulage par injection est plus adapté aux volumes de production élevés, alors que le moulage par compression se justifie plus pour les productions en petite à moyenne série.

De nos jours, les fabricants recourent fréquemment au moulage par compression et par injection, mais pour réaliser des types de pièce différents. Le moulage par injection est généralement un meilleur choix pour les pièces complexes, alors que le moulage par compression est une excellente solution pour les modèles relativement simples, dont les formes basiques de très grande taille qui ne peuvent être produites par filage.

En fonction du matériau ou de la charge à mouler par compression, plusieurs choix sont possibles pour créer le moule. La clé du processus est que le moule doit pouvoir résister au processus de moulage par compression, donc s'il y a un apport de chaleur, il faudra créer des moules capables de subir des changements de température abrupts. Les moules devront aussi pouvoir résister à la pression appliquée lors de la compression.

L'outillage pour le moulage par compression peut aussi être réalisé par impression 3D. Si vous faites du prototypage de petites pièces, l'impression 3D est une méthode rapide et bon marché pour créer des moules destinés au moulage par compression. De multiples itérations peuvent être obtenues rapidement par logiciel CAO, puis imprimées, et enfin testées. L'impression 3D est la plus utilisée pour les moules à compression en vue d'applications n'étant pas soumises à des températures élevées.



En général, on peut utiliser Clear Resin. Clear Resin permet une vérification visuelle du remplissage du moule, mais d'autres résines de notre famille de résines Tough et Durable peuvent être utilisées pour optimiser la résistance à la pression de serrage. Nous recommandons d'imprimer avec une épaisseur de couche de 50 µm pour un bon équilibre entre un fini bien lisse et une impression rapide. Orientez les pièces sur la plateforme de fabrication pour que les surfaces internes ne présentent aucune trace de support. Vous pouvez polir les surfaces externes pour un fini parfaitement transparent.



*Le composé silicone est placé dans le moule imprimé en 3D.*

## ÉTUDE DE CAS : MOULAGE RAPIDE DE SILICONE POUR LES PROTOTYPES DE JOINTS



*OXO a utilisé l'impression 3D et le moulage en silicone pour améliorer l'étanchéité de ses bouteilles.*

Basée aux États-Unis, OXO crée des objets pratiques et ergonomiques pour la vie de tous les jours, notamment des ustensiles de cuisine devenus emblématiques. Les développeurs de produits chez OXO utilisent l'impression 3D pour le prototypage de formes et de fonctionnalités, mais les méthodes d'outillage rapide sont essentielles pour le prototypage de composants en caoutchouc tels que les joints.

Les ingénieurs d'OXO devaient fournir un prototype fonctionnel avec des joints étanches entre les pièces. Après de nombreux essais avec les différents silicones disponibles, ils ont estimé que le moulage par compression de la pâte silicone en deux produits Castaldo Quick-Sil était idéale pour créer un prototype étanche simulant les caractéristiques du joint industriel. En fait, le moule de compression du prototype était lui-même une bonne représentation de la conception des moules et des méthodes utilisées dans la production industrielle de joints.

Dans ce webinaire, vous découvrirez :

- Les sept étapes à suivre pour le moulage rapide de silicone avec des moules imprimés en 3D en interne.
- Comment OXO a créé un joint pour ses mélangeurs à cocktail en utilisant l'impression 3D.
- Les meilleures pratiques pour la conception des moules, les caractéristiques d'alignement et la sélection des matériaux pour la fabrication de moules RTV.



*Un moule imprimé en 3D destiné au laminage manuel de pièces en fibre de carbone.*

## Moulage composite

Les composites sont des matériaux hautement polyvalents et efficaces qui sont à la pointe de l'innovation sur des marchés comme l'aérospatiale ou la santé. Ils surclassent les matériaux traditionnels tels que l'acier, l'aluminium, le bois ou le plastique et permettent de fabriquer des produits ultra-performants et légers. Les polymères renforcés de fibres (PRF) dominent le marché et ont favorisé l'émergence de nouvelles applications dans différents secteurs. Les matériaux composites les plus populaires sont la fibre de carbone, la fibre de verre et le kevlar.

La fabrication PRF est un processus qui exige une main-d'œuvre importante et qualifiée, qu'il s'agisse de produire en série ou de créer un exemplaire unique. Les durées de cycle vont d'une à 150 heures en fonction de la taille et de la complexité de la pièce. Dans la fabrication PRF habituelle, les fibres droites et continues sont disposées dans la matrice pour former des feuilles qui sont ensuite stratifiées couche après couche sur la pièce finale.

Les propriétés du composite résultent aussi bien des matériaux employés que du processus de stratification : la manière dont les fibres sont appliquées influence grandement les caractéristiques de la pièce. La résine therm durcissable et son renfort sont mis en forme dans un outil ou un moule, puis polymérisés pour former un produit robuste.

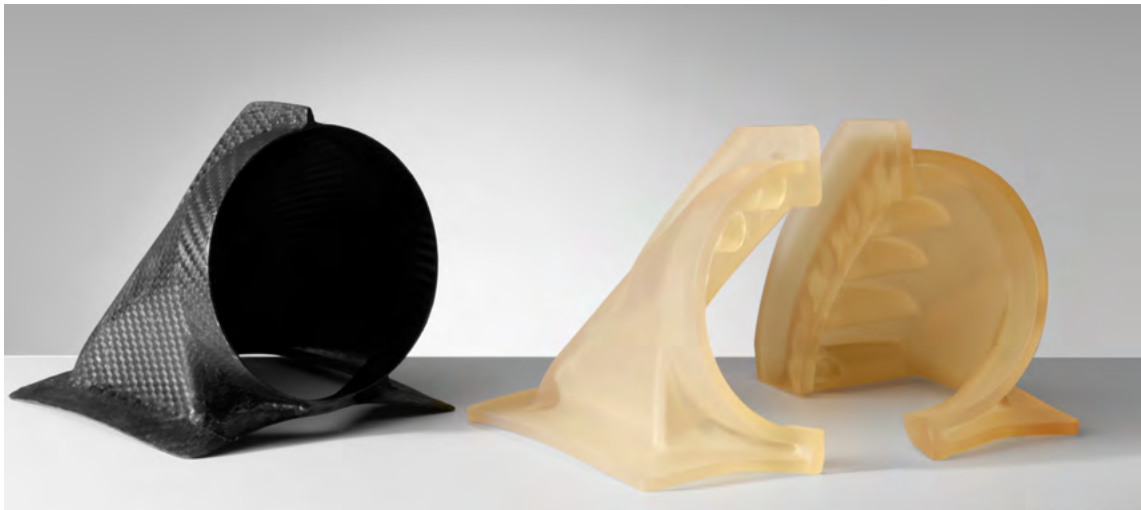
La fabrication avec polymère renforcé de fibres est un processus passionnant, mais complexe et gourmand en main-d'œuvre. La fabrication additive représente une solution pour produire des moules et des modèles rapidement et à faible coût. Utiliser des moules et des modèles imprimés en 3D permet aux entreprises de réduire la complexité du processus de travail, d'améliorer leur flexibilité et les possibilités de conception, ainsi que de réduire les coûts et les délais de réalisation.

Pour la production à petite échelle, les ingénieurs peuvent imprimer directement le moule à moindre coût et en quelques

heures, sans avoir à le sculpter à la main ou à s'occuper de l'équipement CNC, du logiciel FAO, du réglage de la machine, du serrage, de l'outillage et de l'évacuation des copeaux. Les délais de réalisation et la main-d'œuvre pour la fabrication du moule sont réduits de manière drastique, ce qui permet des itérations de conception rapides et une personnalisation des pièces. Ils peuvent même réaliser des formes de moule compliquées qui présentent des détails fins qui seraient difficiles à fabriquer avec des méthodes traditionnelles.

La technologie d'impression 3D SLA crée des pièces avec une finition de surface très lisse, ce qui est essentiel pour un moule d'empilage. Elle permet aussi de produire des géométries complexes avec une grande précision. En outre, la sélection de résines Formlabs offre des matériaux techniques dont les propriétés mécaniques et thermiques se prêtent bien à la fabrication de moules et de modèles.

L'impression 3D de bureau en interne requiert un équipement limité et réduit la complexité des processus de travail. Les imprimantes de bureau professionnelles de Formlabs sont abordables, faciles à utiliser et peuvent être rapidement adaptées à la demande. Avec la sortie récente de la Form 3L, l'imprimante 3D SLA grand format de Formlabs, ce processus peut désormais être facilement appliqué à des moules plus volumineux pour stimuler l'innovation sur des marchés tels que l'automobile et l'aérospatiale.



*Le conduit d'aération d'aile en fibre de carbone à côté du moule en deux parties imprimé avec High Temp Resin.*





*La fibre de carbone est un matériau couramment utilisé pour les voitures de course.*

### **ÉTUDE DE CAS : MOULAGE DE CARBONE ET PIÈCES FINALES IMPRIMÉES EN 3D POUR LES VOITURES DE COURSE DE LA COMPÉTITION FORMULA STUDENT**

La Formula Student est une compétition d'ingénierie annuelle dans laquelle des équipes d'étudiants du monde entier conçoivent, construisent et pilotent des voitures de course de type formule monoplace. L'équipe de Formula Student de la TU Berlin (FaSTTUBe) est l'une des plus importantes avec 80 à 90 étudiants qui développent de nouvelles voitures de course chaque année depuis 2005.

Récemment, l'équipe a ajouté à sa panoplie d'outils une imprimante 3D SLA Form 3 qu'elle a utilisée pour gagner du temps, réduire les coûts et créer des pièces qui n'auraient pas été réalisables autrement.

Les élèves ingénieurs ont choisi la Tough 1500 Resin, car elle associe allongement et module : les pièces imprimées avec ce matériau peuvent plier fortement et retrouver rapidement leur forme initiale. C'est une propriété mécanique recherchée afin d'éviter le bris du moule lors du démoulage.

L'équipe utilise l'impression 3D à trois fins : le prototypage, les pièces d'utilisation finale et les moules pour fabriquer des pièces en fibre de carbone.

« Le gros avantage de l'impression 3D, c'est qu'une forme complexe est aussi facile à fabriquer qu'une forme simple. Cela demande le même niveau de travail et d'équipement. Certaines caractéristiques ne peuvent tout simplement pas être réalisées d'une autre manière sans engendrer des coûts colossaux », a déclaré M. Hilken.

Dans notre étude de cas, vous découvrirez :

- Pourquoi la FaSTTUBe utilise des moules imprimés en 3D pour créer des pièces en fibre de carbone
- La procédure de travail permettant d'utiliser des moules imprimés en 3D pour le laminage par stratification humide
- Une analyse des coûts et des délais pour le laminage manuel de pièces en fibre de carbone.





## Débutez avec les moules imprimés en 3D

Fabriquer de moules avec les imprimantes 3D SLA de Formlabs est une excellente stratégie pour produire des pièces en petites quantités en utilisant des matériaux plastiques et élastomères courants. L'outillage rapide imprimé en 3D permet aux ingénieurs et aux concepteurs de prototyper facilement des pièces qui préfigurent fidèlement le produit final, surtout dans des géométries et des configurations matérielles difficiles à réaliser par l'impression 3D seule, telles que les modules électroniques intégrés et les emballages ultra-fins.

Pour les différents types de fabrication de moules, la gamme de matériaux Formlabs offre un large éventail d'options allant de High Temp Resin à Rigid 10K Resin, qui permettent toutes aux ingénieurs et aux concepteurs de créer les moules dont ils ont besoin pour n'importe quelle application.

Choisissez l'imprimante 3D SLA de Formlabs qui convient le mieux aux applications que vous envisagez de produire :

- **La Form 3** : notre imprimante SLA compacte et performante. Faites évoluer votre prototypage et votre production au fur et à mesure de la croissance de votre entreprise grâce à la Form 3, l'imprimante 3D de qualité industrielle, toujours performante.
- **La Form 3L** : une imprimante 3D grand format compacte et robuste, pour le bureau comme pour l'usine. Donnez vie à vos plus grandes idées avec la Form 3L, une imprimante 3D grand format rentable qui ne transige pas sur les détails.