



DU PROTOTYPE A LA PRODUCTION

ACCÉLÉRATION DE LA FABRICATION

STEPHEN DYSON | @SDYSONPROTOLABS

2018

TABLE DES MATIÈRES

Correct du premier coup

3

Considérations de prototypage
aux premiers stades de la conception

5

Considérations de prototypage pour
le passage à une production en petite série

6

Considérations de prototypage pour
le passage à la production en série

8

Une fois la synthèse faite : la vision d'ensemble

8

RESSOURCES

Visitez notre site web: www.protolabs.fr
ou contactez nous au **+33 (0)4 27 50 29 47**

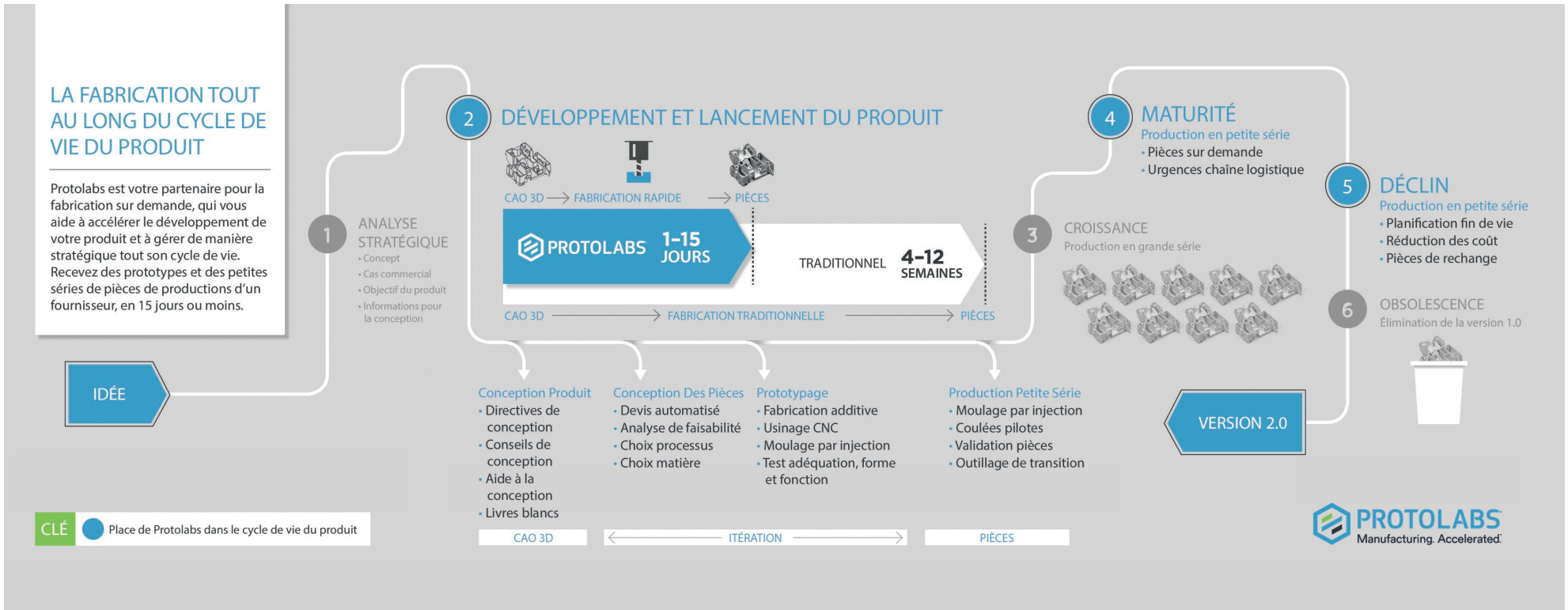
Dans le tourbillon du développement de nouveaux produits et de la mise sur le marché, la pression pour valider un modèle peut être énorme. Avec le prototypage d'un produit ou d'un composant, les concepteurs transforment leurs projets virtuels et les faisant passer de l'écran à un objet physique. Est-ce qu'il est adapté? Fonctionne-t-il comme prévu? Une pièce imprimée en 3D peut-elle être fabriquée par moulage par injection? Et dans le cas des prototypes plutôt que des pièces de production, que vont en penser les clients éventuels?

Sous la pression d'éléments fonctionnels du prototype ou de son esthétique, il est possible de perdre de vue le produit final. Si vous visez un prototype, vous obtiendrez un prototype, voire plusieurs au fur et à mesure de la progression du modèle.

De plus en plus, les fabricants et leurs équipes de conception regardent au-delà de la phase de prototypage lors de la conception du produit, et réfléchissent en termes de produit final et de caractéristiques désirées.

L'objectif : des prototypes qui vont plus loin que des représentations physiques du modèle, et qui vont aplanir le chemin vers la production finale en fournissant des informations précieuses sur les performances et la conformité du produit.





Correct du premier coup

Dans le cycle de développement, les pièces ou produits passent par trois phases successives : d'abord le prototypage ; ensuite, la production en petite série ; et finalement la production en série.

Le prototypage consiste à cristalliser un modèle éprouvé qui fonctionne. Un prototype peut être l'une de plusieurs itérations de ce type, ou simplement une validation finale d'un modèle sur écran. D'autre part, une production en petite série concerne moins le produit lui-même que son processus de production ou de mise sur le marché : cette phase peut aider à améliorer un processus de fabrication, ou bien mettre des produits test sur le marché pour évaluer ou valider la perception des clients. Finalement, les volumes précis associés à une production en série vont dépendre du produit lui-même et de son marché et varieront en général entre quelques milliers et plusieurs millions par an.

Dans chaque cas, l'objectif est de passer sans encombre d'une phase de développement à l'autre, en améliorant le produit et sa facilité à être produit. Dans l'ensemble, l'objectif consiste à minimiser la durée et le coût total du processus, en amenant le produit de l'idée initiale à la production en série de manière efficace, sans à-coups, aussi rapidement et économiquement que possible.



Dans certaines industries, amener un produit sur le marché demande des tests exhaustifs de conformité, impliquant souvent une certification tierce. Les développements pour l'aérospatiale et la défense, par exemple, demandent un tel niveau de conformité qu'aucun fabricant ne désire achever la conception et passer à la production en série pour découvrir que son produit n'est pas conforme aux exigences en termes de durabilité, cycles d'utilisation ou autres attributs pouvant être testés. Utiliser l'étape de prototypage pour effectuer ces essais - un processus appelé tests de pré-conformité - semble donc plus prudent. Dans de telles circonstances, il est judicieux pour le concepteur de demander conseil au fournisseur de prototype qu'il utilise une matière qui apportera des informations précieuses sur des caractéristiques comme la résistance, la flexibilité et la durabilité.

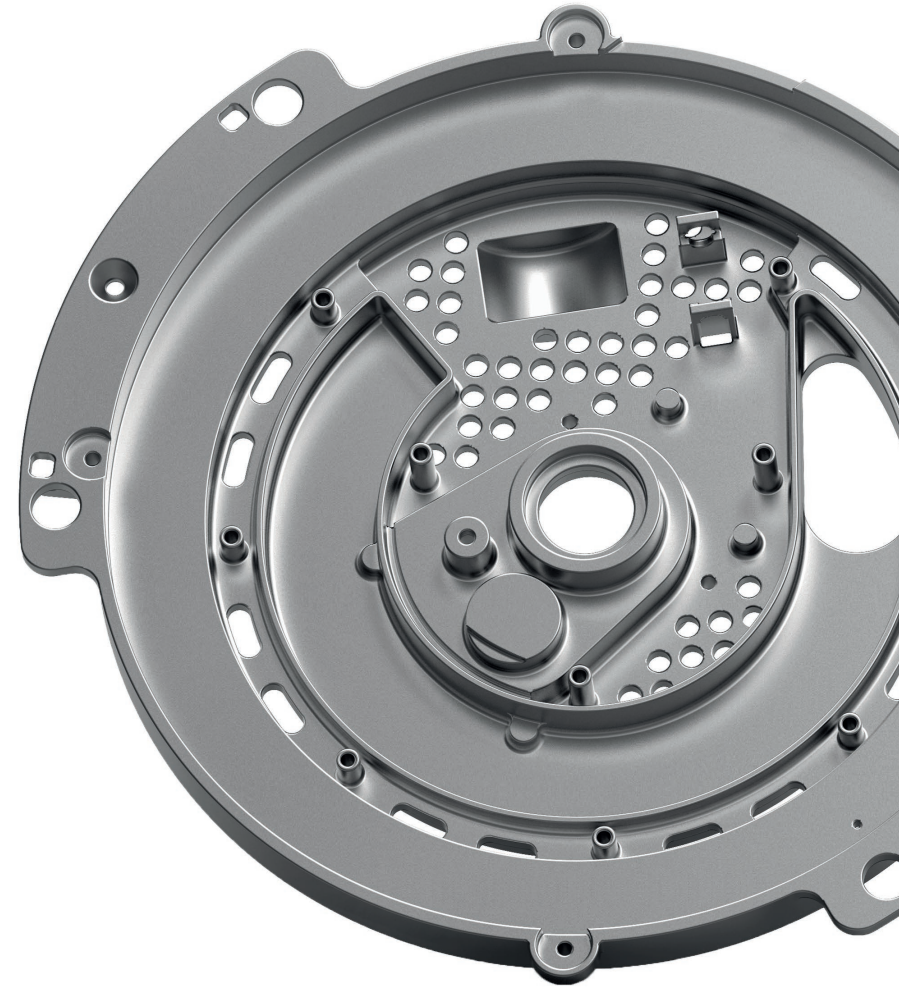
Pour finir, parallèlement à ces étapes de développement et de tests pour mettre un produit sur le marché, un fabricant peut désirer prendre en compte un grand nombre de considérations commerciales.

Les décisions sur l'emballage, par exemple, peuvent avoir des conséquences en termes de coûts, de vulnérabilité pendant le transport, et d'encombrement volumique aussi bien des emballages primaires que secondaires. Et bien entendu, l'encombrement volumique affectera les besoins en véhicules et conteneurs, ainsi que les coûts de transport. Il est donc prudent d'utiliser, à chaque fois que c'est possible, des prototypes du produit pour orienter de manière précoce les décisions d'emballage.

De même, une entreprise peut avoir des objectifs de respect de l'environnement et d'image de marque qui viennent compléter ceux de l'emballage et du transport. L'utilisation d'un moyen particulier d'emballage peut notamment avoir un impact sur les taux d'endommagement, ou sur l'esthétique du produit restant longtemps en stock. Pouvoir recycler des volumes importants de plastique peut être complexe lors du moulage par injection d'une pièce spécifique. La sous-traitance des prototypes et pièces de production dans des pays lointains peut dégrader l'empreinte carbone d'une entreprise tout en entraînant des coûts supplémentaires.

La qualité, la fiabilité et la solidité d'une entreprise sont d'autres considérations importantes. Des compromis sont généralement envisageables : le fournisseur de prototypes le moins cher ne sera pas forcément le plus rapide, ni meilleur en termes de qualité. Le maintien d'une relation commerciale étroite avec un fournisseur de prototypes devient une considération stratégique pour de nombreuses entreprises ; on préfère externaliser auprès d'un fabricant recommandé, qui deviendra un partenaire capable de satisfaire non seulement les besoins en prototypes, mais aussi la production en petite ou moyenne série. Ces fournisseurs offrent une assistance qui comprend parfaitement le besoin d'une analyse de faisabilité qui est essentielle pour écarter toute difficulté de fabrication.

En conclusion, la mise sur le marché réussie d'un nouveau produit peut faire appel à une approche multi-facettes de conception et de développement, incluant un large éventail de problèmes, priorités et compromis. Cet article présente la façon dont une approche intelligente de stratégie de prototypage peut aider à chaque phase du processus de développement. L'objectif : une approche qui raccourcit la durée totale de développement et met sur le marché un meilleur produit avec de meilleures performances, pour un coût total de développement moindre.



Considérations de prototypage aux premiers stades de la conception

Les premières étapes du processus de développement d'un projet comprennent l'idée, la conception initiale puis la validation du produit, et certains essais concernant la fonctionnalité et l'esthétique.

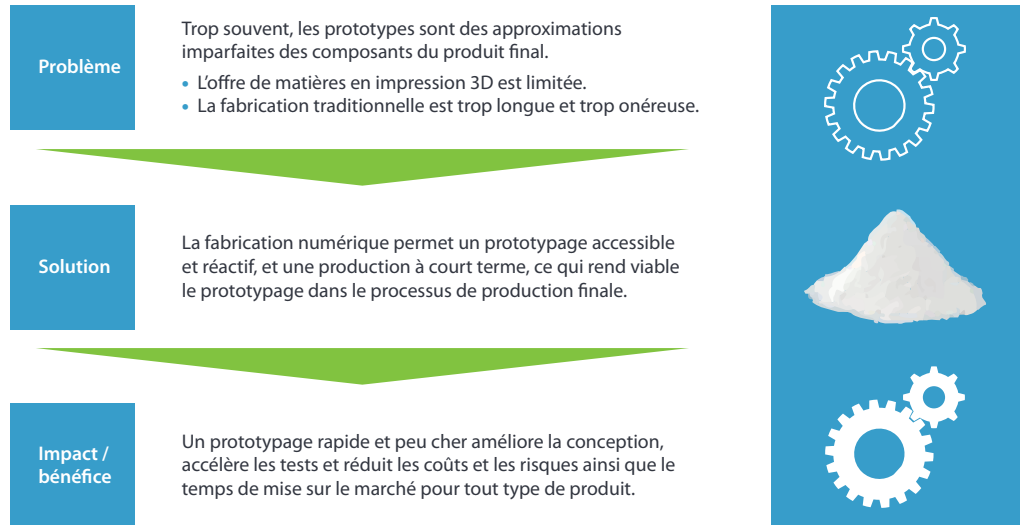
Au cours de ces étapes initiales, le processus de conception vise à combiner les exigences de la Voix du Consommateur (VOC), de la Voix du processus (VOP), qui spécifie les capacités actuelles de fabrication et d'externalisation, ainsi que toutes les exigences d'investissement connues et de la Voix des affaires (VOB) qui détaille les exigences et barrières en termes de retour sur investissement, ventes, commercialisation et exploitation.

Les prototypes représentent un investissement important pour les équipes de R&D. Quand c'est possible, les fabricants se tournent de plus en plus vers des techniques de prototypage rapide pour raccourcir la durée de développement et réduire les risques en utilisant des technologies comme:

- L'impression 3D
 - MultiJet Fusion (MJF)
 - Frittage sélectif par laser (SLS).
 - Stéréolithographie (SL)
 - Frittage laser direct de métal (DMLS)
- L'usinage à contrôle numérique
- Le moulage par injection

Les quantités de prototypes peuvent aller d'un seul par itération, à des centaines voire des milliers selon les exigences du produit et du projet. Ceci dit, la plage habituelle est entre un et cinq pour la conception initiale, en utilisant l'usinage CNC ou l'impression 3D, jusqu'à quelques centaines en moulage par injection rapide. Toutefois, il ne faut pas réduire ces technologies au seul prototypage. En effet, lorsqu'il ne faut que quelques pièces ou composants, l'impression 3D, l'usinage CNC ou le moulage par injection sont couramment utilisés pour fabriquer des pièces de production.

Chaque technologie de fabrication demande des compromis. La vitesse, le coût et le niveau d'information utile pouvant être fournie par un prototype sont tous pris en compte à la première étape du projet. Les prototypes sont souvent fabriqués en utilisant différentes matières et différents processus qui seraient mis en œuvre pour la production finale (plastiques d'impression 3D par exemple), et sont tout à fait en mesure de fournir des informations sur l'adaptation, la fonction et l'esthétique. Pour certains projets, notamment pour les dernières itérations de prototypes, les fabricants demandent des pièces de pré-production qui simulent le produit final, en utilisant les mêmes matières et le même processus de fabrication.



SÉLECTION DES CONCEPTS				
CRITÈRES DE SÉLECTION	CONCEPTS			
	1	2	3	4
	Concept de référence	Concept A	Concept B	Concept C
Facilité d'utilisation	0	0	0	0
Polyvalence	0	+	+	-
Sécurité	0	0	+	+
Ergonomie	0	0	+	+
Durabilité	0	0	-	-
Faible coût	0	+	0	0
Facilité de développement	0	+	0	-
Somme des +	0	3	3	2
Somme des 0	7	4	3	2
Somme des -	0	0	1	3
Score net	0	3	2	-1
Classement	3	1	2	4
Continuer	Oui	Combiner	Combiner	Non

Considérations de prototypage pour le passage à la production en petite série

Une fois les prototypes validés en termes d'adaptation, de forme, de fonction et esthétique, le développement peut passer à la production en petite série, avec une chaîne logistique d'approvisionnement à la demande, ou bien avant de lancer une production en grande série. Cette étape de fabrication consiste à produire des lots de pièces, allant de 50 à plusieurs centaines voire plusieurs milliers, prévus pour répondre à une demande commerciale fluctuante. De plus, pour certains projets, la production en petite série peut déjà être la véritable méthode de production.

La stratégie de développement régira la vitesse à laquelle le fabricant veut passer à la production en petite série et quelle sera la durée de cette étape de production. Une telle stratégie doit prendre en compte l'échelle d'une telle production, car en termes de moules, des lots de 50 pièces présentent des contraintes différentes de lots de plusieurs milliers.

Le point essentiel pour cette étape est d'obtenir des pièces qui fournissent des informations utiles en termes d'adaptation, de forme et de fonction, tout en étant optimisées pour la faisabilité de production. Une fois encore, avoir un prototype physique qui confirme qu'une pièce ou un produit remplira bien sa tâche est une chose différente que d'avoir un prototype dont les moyens de production ont été optimisés en termes de faisabilité.

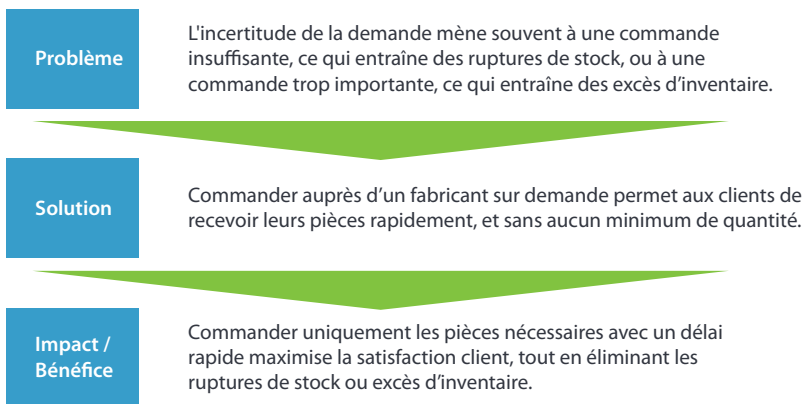
Pour la production en petite série, un objectif primordial de la faisabilité de fabrication est de figurer la conception de telle sorte que les moules puissent être usinés de manière plus rapide ou plus économique, voire les deux. Une fois pris en compte les problèmes de moule, un fabricant désirera généralement obtenir une meilleure aptitude au moulage. On peut citer l'angle de dépouille du moule, dont une légère modification permettra une amélioration notable de l'éjection de la pièce, et donc à la fois un meilleur état de surface et une meilleure qualité.

Comment réussir à atteindre cet objectif? Dans un monde idéal, le choix par un fabricant de son fournisseur de prototypes et de petites séries de pièces tiendra compte de ces exigences. Il aura en effet sélectionné un partenaire qui peut lui apporter à la fois les compétences de ces ingénieurs d'applications, ainsi que des outils automatiques qui peuvent élaborer une analyse de conception initiale, sans intervention humaine.

En fait, dans de nombreux cas, les outils automatiques d'analyse de conception ont prouvé qu'ils peuvent offrir un degré d'optimisation parfaitement adapté à une production en petite série. Lorsque ces outils sont disponibles sur des puissants serveurs en grappes, cette optimisation peut être rapidement obtenue dans le processus de production, ce qui est généralement important, car une mise rapide sur le marché reste un objectif primordial.

Chez Protolabs, par exemple, lorsque des concepteurs téléchargent un modèle CAO 3D sur le site web, un devis est envoyé en quelques heures, et souligne les sections de la pièce qui ont besoin d'un angle de dépouille, ou même suggèrent des modifications pour améliorer cette dépouille. Le moulage par injection rapide consiste à injecter une résine thermoplastique dans un moule, exactement comme pour le processus de production. Ce qui rend ce processus « rapide », c'est la technologie de fabrication du moule, souvent en aluminium plutôt qu'en acier comme les moules de production.

Les pièces injectées sont résistantes, avec une finition excellente. C'est d'ailleurs le processus de production standard des pièces plastiques dans l'industrie. Il y a donc des avantages inhérents à fabriquer le prototype avec le même processus si la situation le permet. Pratiquement toute résine technique peut être utilisée, de telle sorte que le concepteur n'est pas soumis aux limitations de matières du processus de prototypage.

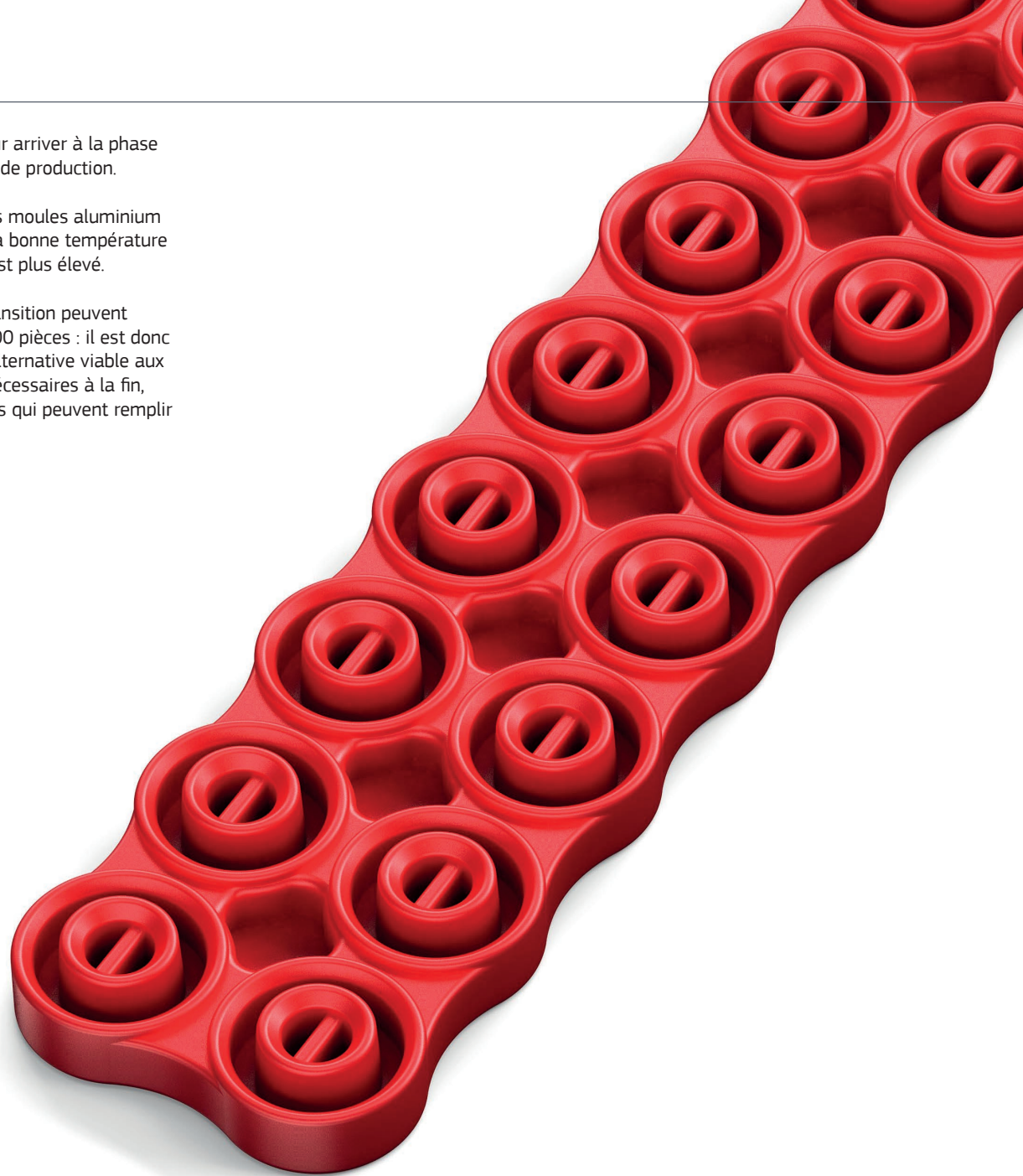


Avec les moules multi-empreintes, même des coulées de haute qualité sont possibles quand survient un pic soudain de la demande.

Théoriquement, une stratégie intelligente de prototypage va agir sur la rapidité pour arriver à la phase de production en petite série, et sur le temps nécessaire pour terminer cette phase de production.

Souvent, le rendement prend une importance plus grande pour la petite série, et les moules aluminium ayant une inertie thermique moindre que les moules acier, ils atteignent plus vite la bonne température tout en permettant un refroidissement plus rapide avant l'éjection : le rendement est plus élevé.

D'autant plus que des moules en aluminium pour des petites séries ou pour une transition peuvent durer pendant des milliers de cycles – certains pouvant aller jusqu'à plus de 200 000 pièces : il est donc parfaitement judicieux pour des fabricants de considérer ces moules comme une alternative viable aux versions en acier plus onéreuses. Il est vrai que les moules en acier peuvent être nécessaires à la fin, mais il n'y a aucune raison d'écarter des moules aluminium parfaitement utilisables qui peuvent remplir leur mission longtemps



Considérations de prototypage pour le passage à la production en série

Le passage à la production en série pose de nouveaux problèmes qu'une stratégie intelligente doit prendre en compte. Une considération essentielle concerne la vitesse à laquelle un produit donné va passer à la production en série - dans le cas où ce produit est simplement une nouvelle itération d'un concept éprouvé existant, la période de fabrication en petite série peut être minimale, ou alors une approche pour passer en production à la demande, permettant un développement continu du produit tout au long de son cycle de vie.

Dans de telles circonstances, il est important pour le prototype de démontrer rapidement la faisabilité de la production en série, car le produit passera moins de temps en phase de validation de petite série qu'il ne la fait dans le tout premier lot de production. Ainsi, tandis que les premiers prototypes peuvent mettre en œuvre des techniques rapides comme Multi Jet Fusion, le Frittage laser direct de métal, la Stéréolithographie ou le Frittage laser sélectif, il sera judicieux pour les prototypes suivants d'utiliser l'usinage CNC ou le moulage par injection, cohérent avec la technologie de production en série prévue.

Et comme pour la production en petite série, il est préférable de s'adresser à un fournisseur de prototypes à fortes capacités - aussi bien automatiques qu'humaines - pour l'ingénierie d'applications. Avec la production en série, il ne s'agit plus simplement de fabriquer un produit, mais plutôt de rechercher activement une optimisation de la conception permettant sur une longue période de production. Avec une telle optimisation, les fabricants peuvent obtenir des améliorations importantes en termes de rendement, consommation de matières, fréquence d'éjection et finition de surface en affinant une conception pouvant avoir parfaitement fonctionné en petite série, mais qui offre encore la possibilité d'améliorations à long terme.

Les initiatives d'allègement par exemple contribuent non seulement à une réduction de poids, une caractéristique précieuse dans de nombreuses applications - mais peuvent également réduire la consommation de matière et donc les coûts : une règle empirique dit que l'épaisseur optimale des parois des pièces thermoplastiques se situe dans une plage de 1 à 3,5 mm (pour l'ABS), à respecter sur l'ensemble de la pièce. En d'autres termes, des parois plus minces ne réduisent pas seulement les coûts grâce à la réduction de matière, mais aussi grâce à une faisabilité accrue de la pièce.

Résine	MM
ABS	1.1 - 3.5
acétal	0.8 - 3
Acrylique	0.6 - 3.8
Polymère à cristaux liquides	0.8 - 3
Plastiques renforcés longues fibres	1.9 - 25.4
Nylon	0.8 - 2.9
Polycarbonate	1 - 3.1
Polyester	0.6 - 3.1
Polyéthylène	0.8 - 5
Sulfure de polyphénylène	0.5 - 4.5
Polypropylène	0.6 - 3.8
Polystyrène	0.9 - 3.8
Polyuréthane	2 - 19

Des sections très épaisses par exemple, peuvent à la fois augmenter la probabilité de défauts esthétiques comme les retassures et la probabilité de pertes de rendement par déformation pendant le refroidissement. Une attention particulière portée aux rayons d'angle, notamment pour les moules en aluminium, est une bonne manière d'améliorer le rendement sur une longue période de production.

En production en série également, il existe des possibilités de moules multi-cavités ou moules multi-pièces pour fabriquer des pièces multiples en un seul cycle d'injection. Les moules multi-cavités permettent de fabriquer en une seule injection plusieurs pièces identiques; les moules multi-pièces permettent d'injecter plusieurs pièces différentes. Si cette option semble viable, les experts techniques de Protolabs recommandent généralement de tester la pièce dans un moule mono-cavité, avant de s'engager dans des dépenses supplémentaires pour un moule multi-cavités ou multi-pièces.

Une fois la synthèse faite : la vision d'ensemble

La pression pour la mise sur le marché de nouveaux produits le plus rapidement possible peut être très forte. Et dans ce cas, la pression pour fabriquer des prototypes peut être également énorme. Mais prendre un peu de recul en pensant tout d'abord au produit final - et à ses exigences de production et d'essai - peut être bénéfique aussi bien en termes de calendrier que de coûts d'ensemble. Et théoriquement, on récolte aussi des bénéfices de rendement, coût et performances du produit.

Si l'on inclut les considérations annexes comme l'emballage, les bénéfices apportés sont encore plus convaincants.

Pour être efficace, une stratégie de prototypage doit prendre un peu de temps aux premières étapes du processus de développement. Il s'agit d'un investissement et non d'un coût. Un investissement qui pour être bref, garantira un meilleur produit, avec de meilleures performances, développé à des coûts réduits avec des délais d'ensemble plus courts.

En savoir plus

[Protolabs](#)
[Parc Ouragan Bâtiment C - Rue du Lac Majeur - BP 70331](#)
[73377 Le Bourget du Lac - France](#)
[Tel : +33 \(0\)4 27 50 29 47](#)