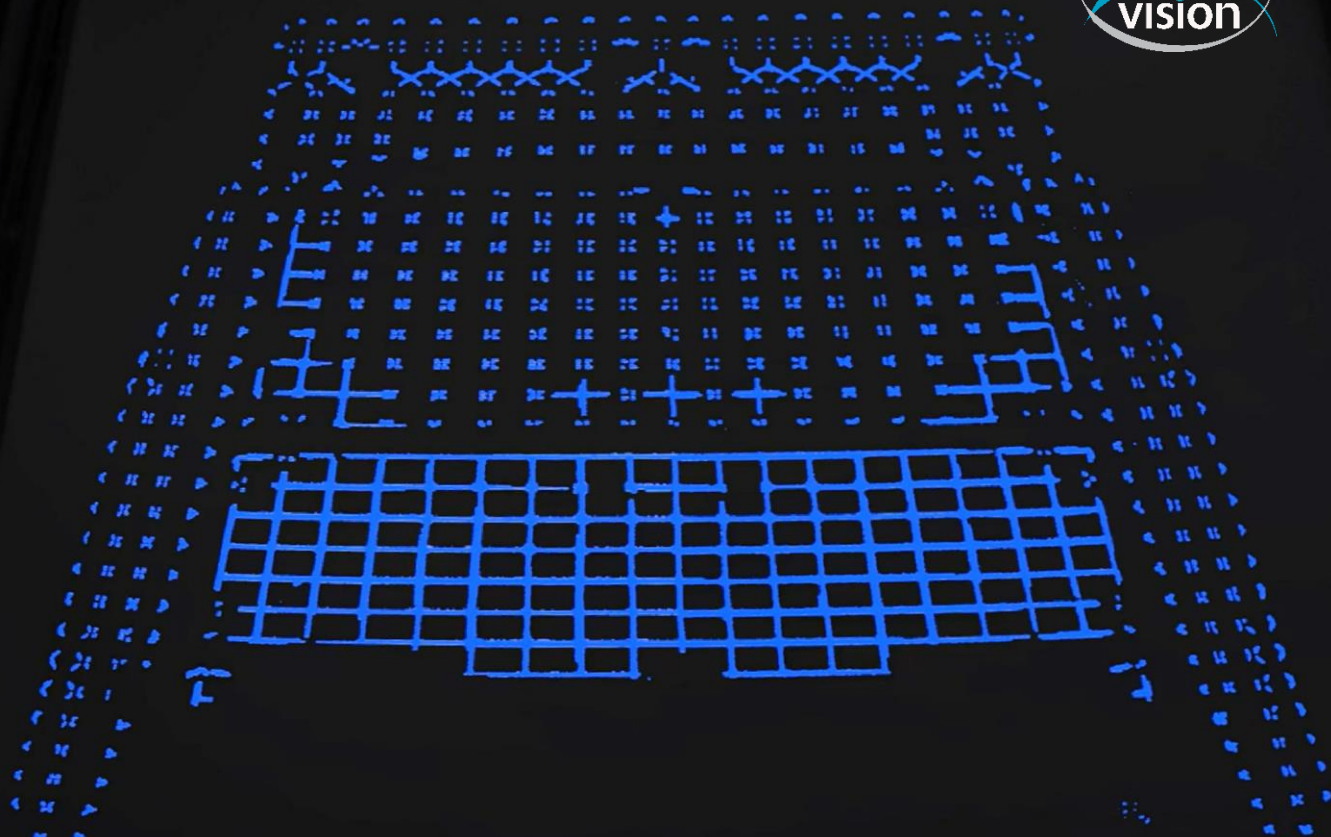




Fabrication additive 2 .0

# Traitement numérique par la lumière (DLP)

Ce guide complet fournit un aperçu technique de l'impression DLP, ainsi que les dernières informations sur les innovations en matière de conception de machines, de l'impression ascendante à l'impression descendante, ainsi que de nouveaux types de résines photopolymères qui offrent des propriétés durables et élastomères, y compris les mousses à cellules fermées.

À l'intérieur, vous apprendrez :

- Pourquoi la DLP est le moyen le plus rapide et le plus intelligent d'imprimer en 3D avec de la lumière
- À propos des dernières mises à jour des conceptions d'imprimantes DLP
- Pourquoi une nouvelle catégorie de résines DuraChain™ est une percée
- Considérations importantes pour les moteurs légers DLP
- Pourquoi la technologie DLP est-elle prête pour la production en série de pièces d'utilisation finale ?



## Introduction

Le traitement numérique de la lumière, ou DLP, exploite la puissance de la lumière d'un vidéoprojecteur pour durcir les résines liquides photosensibles en pièces couche par couche, un flash rapide à la fois.

Procédé d'impression 3D utilisé depuis 1999, le DLP a été inventé en tant qu'avancée significative par rapport à la stéréolithographie, ou SLA, qui durcit la résine photosensible avec la lumière UV d'un faisceau laser, dessinant les pièces individuellement une couche à la fois.

Plus de 20 ans plus tard, la DLP est l'un des procédés les plus matures dans le domaine de l'impression 3D. Aujourd'hui, cette technologie d'impression très abordable, précise et à grande vitesse est utilisée pour tout, du prototypage à la production en série de pièces d'utilisation finale, y compris celles qui ont des exigences exigeantes en matière de précision, de finition de surface et de fonctionnalité. Initialement utilisée pour la production de coques d'aides auditives personnalisées en série et de restaurations dentaires fonctionnelles, telles que des prothèses dentaires et des couronnes qui vont directement dans la bouche pour mordre et mâcher, la technologie est maintenant largement utilisée dans la fabrication pour les applications d'outillage et de moulage ainsi que pour la production directe dans un large éventail d'industries et d'applications finales.

En fait, la vitesse et la précision de l'impression DLP sont maintenant si puissantes que c'est vraiment devenu un outil de fabrication standard. De plus en plus de dentistes, d'audiologistes, de bijoutiers et de fabricants industriels utilisent des imprimantes DLP dans leurs bureaux ou dans leurs usines, démontrant ainsi le potentiel de cette technologie d'impression polymère rapide et précise pour transformer la fabrication, non seulement pour les pièces personnalisées, mais aussi pour

Remplacement à la demande des pièces de rechange et besoins de production en série. Lorsque la pandémie de COVID a commencé à balayer le monde à la fin de 2019, ce sont souvent les imprimantes DLP qui ont répondu à la demande urgente de production d'écouvillons nasaux et de valves pour respirateurs.

# Nouveaux développements dans le domaine de la protection contre la perte de données

Au cours de ces deux dernières décennies, le paysage des offres technologiques DLP a également radicalement changé, de la conception mécanique des systèmes d'impression et des stratégies de traitement utilisées, aux matériaux qu'ils traitent.

Bien qu'il y ait aujourd'hui plus d'imprimantes DLP que jamais disponibles à des prix abordables, le segment haut de gamme du marché pour les fabricants sérieux a continué d'innover de manière à permettre à DLP de progresser dans la production en série de pièces d'utilisation finale, ou fabrication additive 2.0.

Les systèmes DLP de qualité industrielle peuvent désormais produire des pièces d'utilisation finale durables avec des volumes et des coûts qui rivalisent avec la fabrication traditionnelle, tout en offrant des avantages de conception et de chaîne d'approvisionnement autrefois impossibles pour lesquels l'impression 3D est bien connue.

Alors que les améliorations apportées à la conception des machines ont joué un rôle clé dans la mise en place de cette nouvelle ère d'impression DLP, les progrès dans les propriétés des matériaux ont été tout aussi critiques, sinon plus. Pendant longtemps, l'impression DLP a produit des pièces incroyablement lisses et précises, qui étaient également assez cassantes, se brisaient facilement ou perdaient leurs performances et leurs propriétés mécaniques au fil du temps.



Le domaine concurrentiel de la science des matériaux s'est empressé de résoudre ces défis, d'autant plus que l'adoption des imprimantes DLP a bondi sur le marché. Aujourd'hui, grâce à des innovations telles que les résines DuraChain, DLP peut produire des élastomères résistants et durables qui rivalisent avec les thermodurcissables, offrant des propriétés similaires à celles du caoutchouc et du silicone, voire une véritable mousse à cellules fermées.

L'impression DLP est largement utilisée pour les applications médicales de précision. E-Guide, illustré ici en impression sur une imprimante Desktop Health, est un matériau certifié biocompatible de classe I utilisé pour les guides de perçage chirurgicaux de précision utilisés pour la chirurgie implantaire.

Ce livre blanc est un aperçu complet de l'évolution rapide du marché DLP, mis à jour pour 2022, avec un aperçu rapide du passé et une analyse approfondie des avancées les plus importantes en matière de machines et de matériaux d'aujourd'hui.

Chez Desktop Metal, notre équipe est passionnée par la conviction que DLP est l'un des rares des technologies de procédés d'impression 3D capables de piloter la fabrication additive 2.0, où les nombreux avantages de l'impression 3D - moins de déchets, production à la demande, et des conceptions légères et innovantes peuvent être livrés à des volumes de production de masse plus significatifs à des coûts compétitifs par rapport à la fabrication traditionnelle.

# L'histoire de la DLP

En termes simples, DLP est né des limites de la stéréolithographie, ou SLA, la première technologie d'impression 3D commercialisée, qui polymérise la résine photosensible avec la lumière UV d'un faisceau laser.

Parmi les sept catégories d'impression 3D reconnues par l'ASTM, le SLA et le DLP sont classés ensemble sous la photopolymérisation en cuve, ou VPP, dans laquelle des sources lumineuses sont utilisées pour durcir la résine photopolymère dans une cuve.

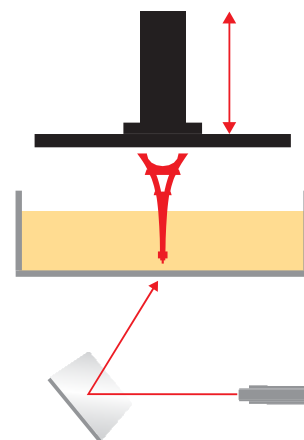
Comme c'est souvent le cas avec les nouvelles technologies, plusieurs innovateurs du monde entier se sont retrouvés à explorer une approche similaire de l'accord de niveau de service à peu près au même moment au début des années 1980. Le chercheur japonais Hideo Kodama a étudié l'utilisation de cette méthode pour créer des prototypes à peu près au même moment où un trio de chercheurs français étudiait une méthode d'utilisation de la lumière pour durcir des monomères liquides en solides à l'aide d'un laser. Mais c'était Charles Hull

aux États-Unis, à la recherche d'un moyen abordable de fabriquer de petites pièces en plastique rapidement et à moindre coût, qui a été le premier à proposer une solution commerciale.

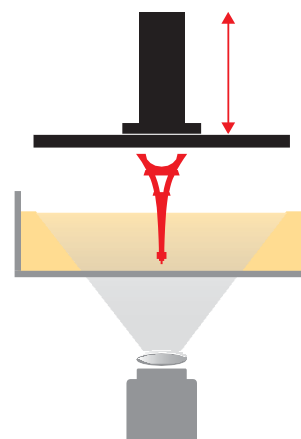
En 1986, il dépose un brevet pour un système de création de modèles 3D en utilisant un laser pour polymériser des résines photosensibles couche par couche. En 1988, il a fondé 3D Systems Corp., qui a vendu sa première imprimante SLA-1 cette année-là.

Bien que le SLA ait été un processus révolutionnaire à l'époque et qu'il soit toujours très pertinent aujourd'hui, il s'agissait – et reste – une méthode d'impression 3D relativement lente. Une fois que le logiciel de préparation de la construction a découpé une conception de pièce en centaines, voire en milliers de couches de conception, un faisceau laser doit dessiner ces conceptions une pièce à la fois, couche par couche. Cette méthode d'impression 3D vectorielle, similaire au dessin de chaque couche avec un stylo à pointe fine, peut être extrêmement lente.

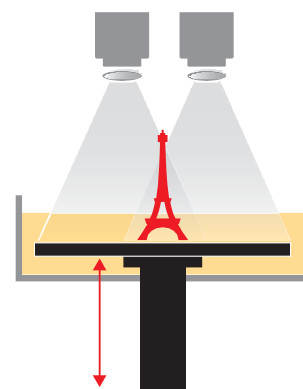
Les premières imprimantes SLA créaient également des pièces avec des lignes de couche visibles sur la surface qui délimitaient clairement chaque couche. De plus, les zones de construction de l'imprimante étaient limitées car le faisceau laser s'allongeait sur les bords les plus éloignés de la zone de construction, un peu comme le faisceau d'une lampe de poche s'allonge lorsqu'il est dirigé vers un point éloigné d'un mur, par opposition à un faisceau plus serré lorsqu'il est dirigé directement vers un mur. La distorsion qui en résultait nuisait à la précision et à l'état de surface pour les constructions plus grandes.



SLA



DLP de bas en haut  
(Bottom Up)



DLP de haut en bas  
(Top Down)

# DLP est né en tant que solutionneur de problèmes

Une solution à ces problèmes s'est présentée peu de temps après l'invention d'une nouvelle puce de projection par Larry Hornbeck, un membre de Texas Instruments. Hornbeck a inventé le Digital Micromirror Device ou DMD, un semi-conducteur optique avec jusqu'à 2 millions de micro-miroirs mobiles et contrôlables individuellement pour diriger la lumière. Aujourd'hui, le DMD, avec 8 millions de pixels natifs, est utilisé dans une large gamme de produits d'affichage numérique, des téléviseurs HD aux projecteurs pour les salles de cinéma commerciales.

Texas Instruments a commencé à travailler sur cette technologie à la fin des années 1970, et le DMD a été officiellement inventé en 1987. Cependant, ce n'est qu'en 1999 que la puce DLP a fait ses débuts commerciaux avec « Star Wars : Episode 1 - la menace fantôme » - le premier long métrage montré avec un DMD, qui était ce qui était la technologie DLP Cinema de marque commerciale. DLP et DLP® Cinema® sont toutes deux des marques commerciales de Texas Instruments.

Alors que la DLP était considérée comme une percée technologique pour l'industrie du divertissement à l'époque, il n'a pas fallu longtemps aux initiés de l'industrie encore jeune de l'impression 3D pour se rendre compte rapidement que la lumière UV intelligemment projetée par une puce DLP pouvait durcir une couche entière de résine à la fois en un seul éclair - beaucoup plus rapidement qu'avec un laser comme source de lumière. Cette approche de l'impression 3D à l'échelle de la région apporterait de nouvelles efficacités et de nouvelles qualités dans le domaine de la VPP.

Tout comme pour le SLA, des innovateurs de différents continents ont commencé à travailler sur ce concept à peu près au même moment. En Allemagne, une équipe de EnvisionTEC GmbH a commencé le développement, tout comme deux collègues de longue date de l'impression 3D aux États-Unis, qui ont dévoilé un prototype fonctionnel en 1999. Finalement, les équipes européennes et américaines sous la marque EnvisionTEC pour lancer l'imprimante DLP Perfactory en 2002.

## ASTM Recognized 3D Printing Methods

AM encompasses seven distinctly different process characterizations as defined in the ISO / ASTM 52900 standard. Each is defined by the form of feedstock and/or the binding process used to bind the materials.

Binder Jetting (BJT)  
Directed Energy Deposition (DED)  
Material Extrusion (MEX)  
Material Jetting (MJT)  
Powder Bed Fusion (PBF)  
Sheet Lamination (SHL)  
Vat Photo Polymerization (VPP)

—  
Photo des micro-miroirs contrôlables individuellement sur une puce DMD, une technologie commercialisée par Texas Instruments sous le nom de DLP®. Pour en savoir plus, rendez-vous sur [TeamDM.com/DMDchip](http://TeamDM.com/DMDchip)



La vitesse de l'imprimante DLP Perfactory et la haute qualité de la finition de surface et des bords qu'elle pouvait fournir semblable à la résolution fluide d'un écran de cinéma a explosé le DLP dans les annales d'une technologie d'impression 3D standard.

# Les avantages de l'impression 3D à l'échelle d'une zone

Il est important de noter que la DLP se distingue aujourd'hui pour la même raison qu'à l'époque : l'impression 3D à l'échelle de la zone, ce qui se traduit par de la vitesse.

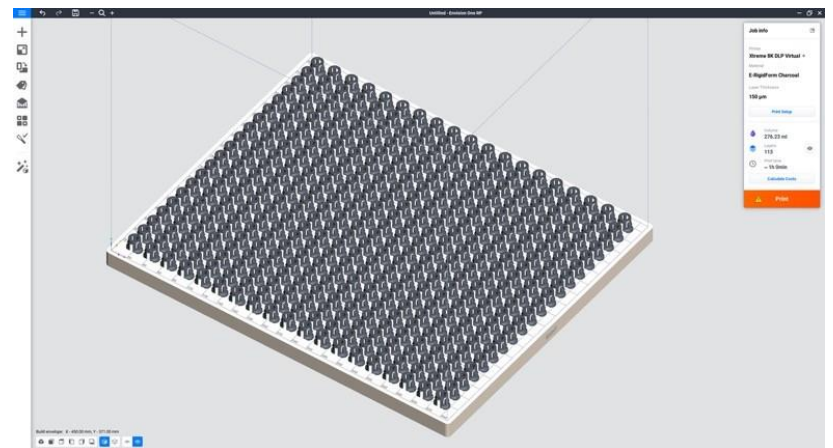
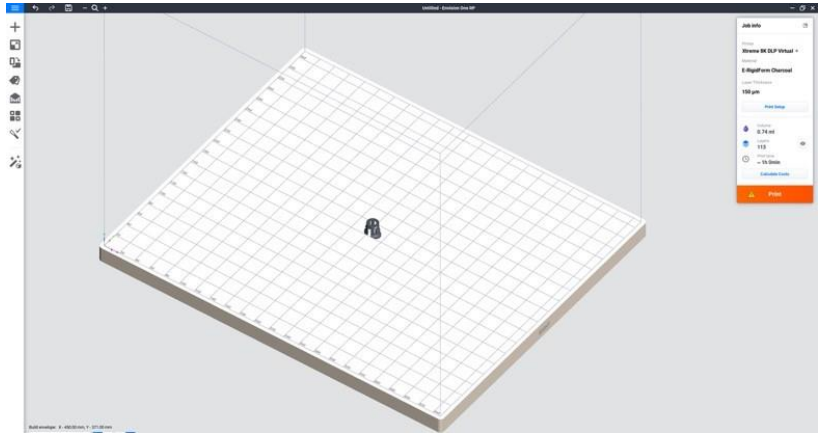
Dans l'impression SLA, l'ajout de pièces à une construction augmente le temps nécessaire à la polymérisation de chaque couche, car le laser doit tracer les contours et l'intérieur de chaque pièce supplémentaire. Avec DLP, cependant, chaque flash à l'échelle d'une zone prend exactement le même temps, quel que soit le nombre de pièces dans la construction. Par conséquent, le temps d'impression total dépend moins de la quantité de pièces dans une construction et plus encore en fonction de la hauteur d'une construction, qui détermine le nombre de couches nécessaires d'être exposé pour terminer le travail.

Parmi les nombreuses méthodes d'impression 3D, il n'existe que deux procédés matures à l'échelle de la zone qui peuvent compléter une couche complète à l'échelle de la zone en un seul flash ou en un seul passage rapide : la technologie DLP et la technologie de jet de liant (BJT), au cours de laquelle une tête d'impression à jet d'encre dépose sélectivement le liant dans un matériau en poudre dans un passage rapide au-dessus de la zone de construction.

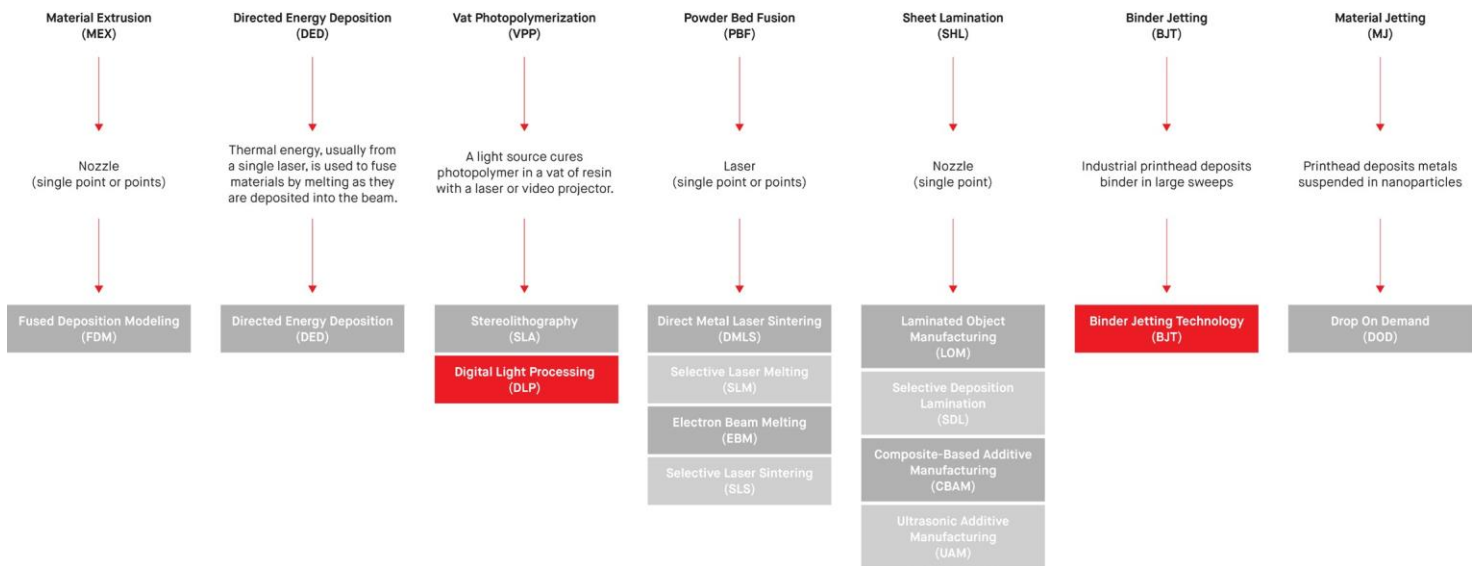
La plupart des méthodes restantes — extrusion de matériaux, projection de matériaux, fusion sur lit de poudre, dépôt d'énergie dirigée et laminage de feuilles — Dessine les pièces à l'aide d'un seul point, généralement un faisceau laser ou une buse.

Aujourd'hui, de nombreux systèmes utilisant ces procédés comportent plusieurs lasers ou buses, mais ils tracent toujours efficacement les pièces couche par couche avec ce qui équivaut à plusieurs stylos à pointe fine au lieu de traiter une couche entière à la fois, ce qui rend ces processus relativement plus lents. Ces méthodes à point unique présentent également d'autres inconvénients, car le matériau est lié à des moments différents, créant souvent des points d'arrêt dans des pièces ou, dans le cas de la FDM, des zones où des couches clairement délimitées peuvent ne pas être étanches. Autre inconvénient de ces procédés d'impression 3D alternatifs, l'ajout de lasers ou de buses augmente le coût des imprimantes, ce qui aggrave l'impact de la lenteur des vitesses sur l'économie des pièces.

L'impression à l'échelle d'une zone est simplement une stratégie plus efficace pour traiter les couches avec la vitesse nécessaire pour fournir le débit et les coûts dont les fabricants ont besoin pour utiliser l'impression 3D pour la production en volume.



Comparaison du temps de construction nécessaire pour imprimer une pince à combustible par rapport à une construction avec 380 pièces. Avec DLP, les deux impressions seraient terminées en seulement une heure, quelle que soit la quantité de pièces.



[www.cadvision.fr](http://www.cadvision.fr) | [info@cadvision.fr](mailto:info@cadvision.fr)

C'est aussi la raison pour laquelle Desktop Metal a investi si massivement dans l'impression DLP et BJT à l'échelle de la région, car ces solutions sont les plus capables d'offrir un avenir de fabrication additive 2.0.

Aujourd'hui, cette approche à l'échelle de la région, combinée aux progrès de la technologie des machines, des logiciels et de la science des matériaux, permet d'obtenir des systèmes DLP qui rivalisent vraiment avec le moulage par injection de thermodurcissables et offrent même des avantages étonnants, tels que les mousses expansives imprimées en 3D.



## DLP = Speed

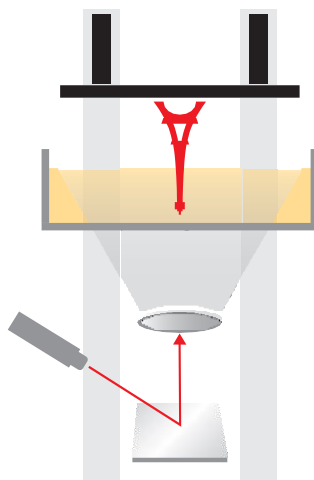
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| DLP : 1 partie  | 1,5 heure   |
| SLA : 1 partie  | 3.25 heures |
| DLP : 8 parties | 1,5 heure   |
| SLA : 8 parties | 7 heures    |

The advantages of area-wide 3D printing techniques versus a single point approach with a laser

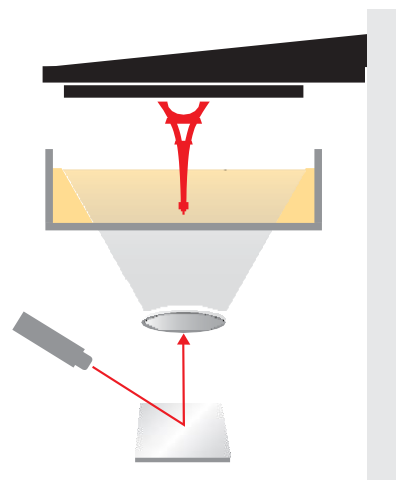
## Conception de la machine

Alors que les premières imprimantes SLA utilisaient un faisceau laser positionné au-dessus d'une cuve de résine, les imprimantes SLA disposent aujourd'hui de lasers positionnés au-dessus ou en dessous de la cuve. En général, les systèmes SLA descendants sont utilisés pour des applications plus industrielles, tandis que les systèmes ascendants qui sont apparus plus tard se prêtent à des unités de bureau plus petites et plus abordables.

En revanche, les imprimantes DLP ont historiquement positionné le projecteur sous la cuve. La première imprimante DLP commerciale, l'EnvisionTEC Perfactory, a utilisé cette approche, tout comme la grande majorité des imprimantes DLP sur le marché aujourd'hui.



Processus DLP  
ascendant  
Vue de face



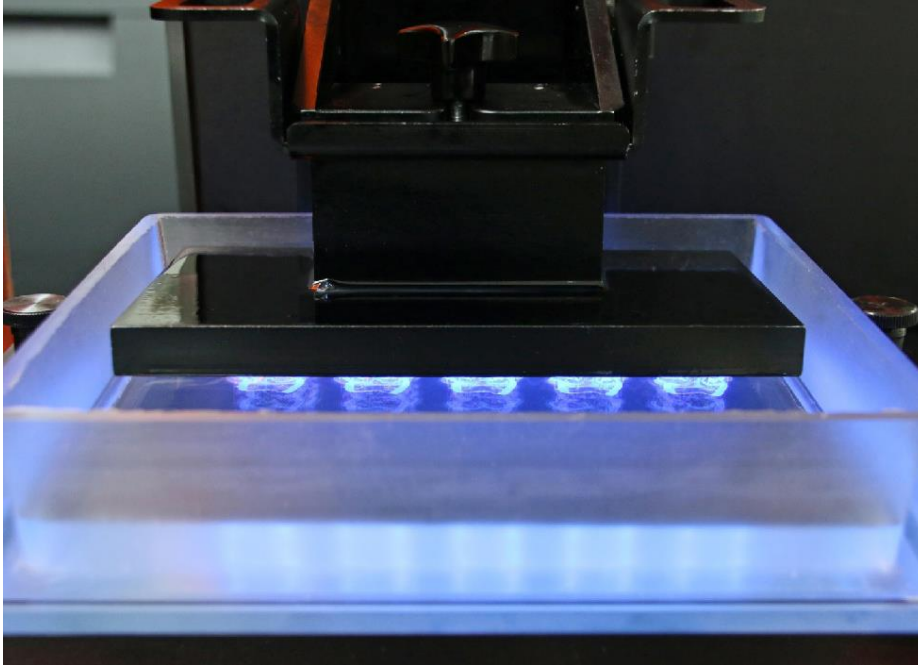
Processus DLP  
ascendant  
Vue latérale

## Impression DLP ascendante

La raison pour laquelle le projecteur est souvent placé sous une cuve dans l'impression DLP est que la lumière ou l'énergie du projecteur peut être transmise à travers le fond du plateau sur la résine et que la hauteur de la couche peut être rapidement et étroitement contrôlée.

Dans le processus DLP, le plateau est généralement fabriqué avec un fond transparent qui permet la transmission de la lumière du projecteur à la résine qu'il contient. Une plaque de construction se déplace verticalement de haut en bas sur l'axe z et s'enfonce dans la cuve de résine, créant une fine couche de résine entre la plaque de construction et le fond de la cuve.

Cette fine couche de résine, contrôlée entre 25 et 150 microns, est ce qui est durci lors de l'exposition à la lumière par le projecteur. Pour cette raison, un mouvement parfaitement parallèle de la plaque de construction sur l'axe z est essentiel pour



Cette photographie montre les premières étapes d'un travail de construction DLP sur une imprimante 3D ETEC, dans laquelle le matériau a été « brûlé » ou collé sur le plateau de fabrication, qui se déplacera verticalement vers le haut au fur et à mesure de l'avancement du travail de fabrication. À la fin du travail d'impression, les pièces seront retirées du bac de fabrication.

sur l'axe Z, en retirant la couche durcie du fond de la cuve. Cela permet à la couche suivante de résine liquide à infiltrer sous la plaque de construction lors d'un revêtement de matériau, après quoi la plaque de construction s'enfonce à nouveau dans la résine pour se repositionner pour la couche suivante. L'extraction de la couche de résine durcie du sol de la cuve nécessite généralement un certain effort en raison des forces d'aspiration, ou de « séparation », causées par le collage partiel de la couche durcie au sol de la cuve.

précision des pièces sur chaque couche, ce qui conduit certaines machines haut de gamme à

Un rail de guidage double, par opposition au rail central unique plus courant qui peut permettre à la plaque de construction de s'incliner vers la gauche ou la droite, ce qui entraîne des problèmes de précision d'impression.

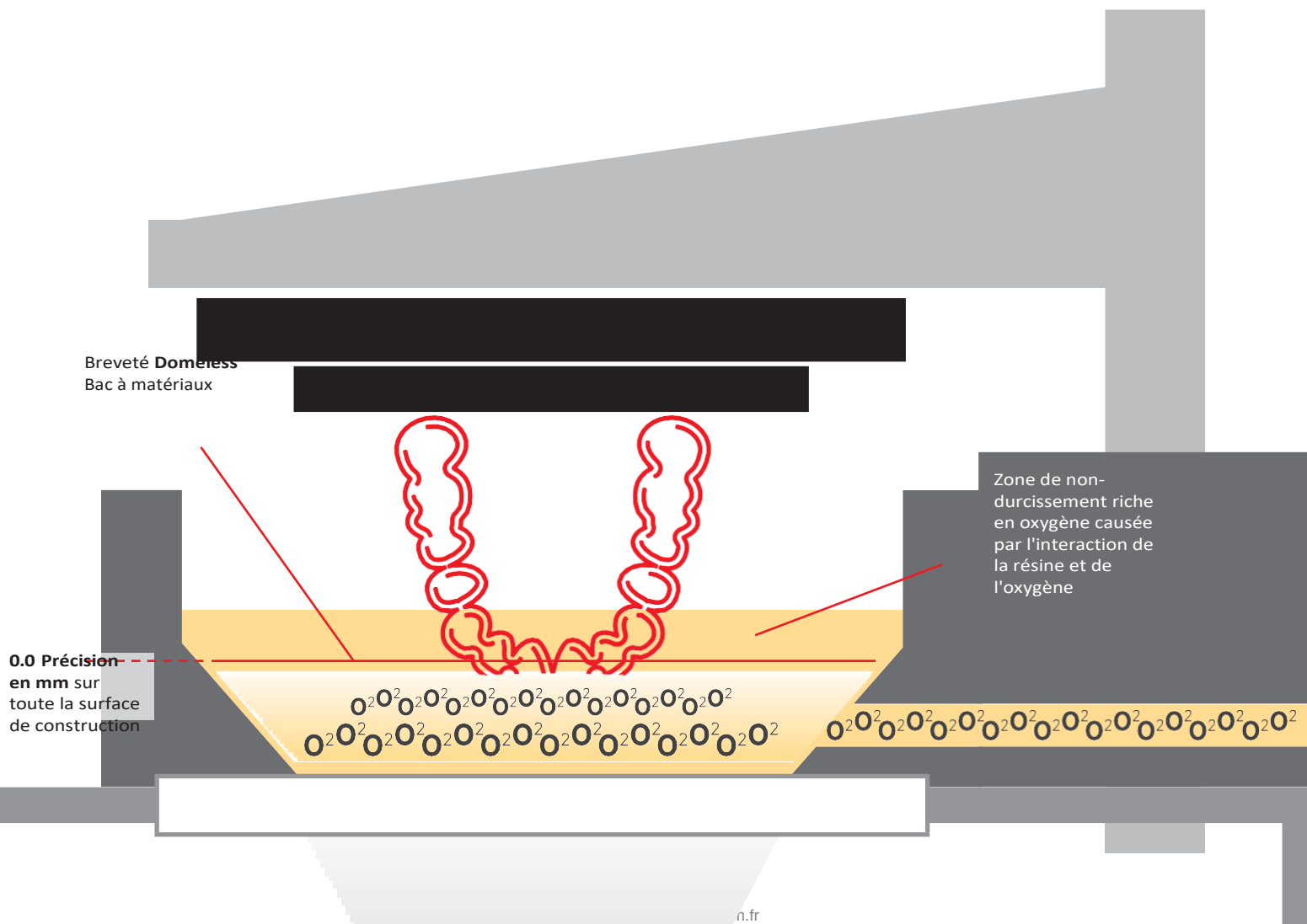
Une fois qu'une couche de gravure initiale est établie pour coller essentiellement le motif d'impression au fond de la plaque, la plaque de construction se soulève

L'ensemble de ce processus en plusieurs étapes d'éclairage, de traction, de recouvrement et de repositionnement peut être exécuté très rapidement. Un spectateur verrait essentiellement la plaque de construction se déplacer de haut en bas très rapidement lorsque la plaque de fabrication retire la pièce du fond du plateau ou du film, puis s'abaisse pour imprimer la couche suivante.

Pourtant, il y a une certaine inefficacité dans le processus, car il faut du temps pour que la résine s'infilte sous la plaque de construction et pour que la plaque de construction soit repositionnée avec précision. Historiquement, les ingénieurs ont dû étudier ces dynamiques et programmer un style de construction, ou des paramètres de processus, pour imprimer chaque matériau différent en fonction de sa viscosité, qui doit être relativement faible pour faciliter l'infiltration rapide de la résine sous la plaque

lors du revêtement, ainsi que les forces de séparation créées par le matériau lorsque la plaque de construction retire les pièces du sol de la cuve.

Alors qu'aujourd'hui, de nombreuses imprimantes DLP traitent encore des pièces à l'aide de ce processus ascendant, le segment haut de gamme du marché a continué d'innover pour plus d'efficacité.



## Technologie Hyperprint™

Technologie d'impression 3D ultra-rapide sans oxygène, à des vitesses jusqu'à 50 % plus rapides que la technologie DLP précédente

### Impression hypertexte

Cette combinaison de chauffage, de capteurs CLP et d'un système de contrôle logiciel précis permet d'obtenir rapidement de nouvelles vitesses sans avoir besoin de systèmes d'oxygène.

### Chauffage à bord

Fluidifie la viscosité des résines polymères pour un recouvrement rapide. Aucune unité de chauffage séparée n'est nécessaire.

### CLP Load Sensors

Closed-loop load sensors know the exact moment the current print layer is done, and fully separated from the tray floor, so the next layer can start faster.



## Le lancement d'Hyperprint™

Depuis son acquisition par Desktop Metal en 2021, les innovations DLP d'EnvisionTEC se poursuivent désormais sous deux marques :

**Les équipements de santé de bureau** sont développés et vendus pour répondre aux besoins spécifiques du marché médical et dentaire

**Les équipements de marque ETEC** sont développés pour répondre aux besoins et aux matériaux plus larges de l'industrie manufacturière

Dévoilée pour la première fois sur l'imprimante Einstein de Desktop Health en 2021, Hyperprint™ est une toute nouvelle méthode d'impression continue qui élimine le besoin d'une couche d'oxygène. Bien que les couches d'oxygène fonctionnent bien, en particulier dans les grands systèmes DLP, les réservoirs d'oxygène ou les systèmes de condensation peuvent ajouter des dépenses supplémentaires aux imprimantes DLP, ainsi que des considérations de sécurité supplémentaires.

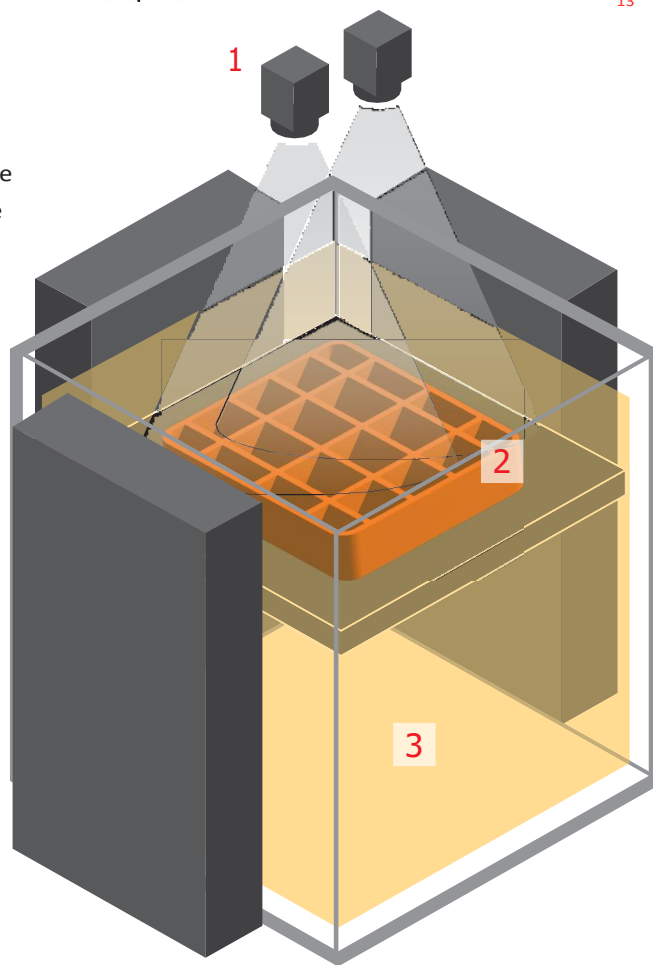
Au lieu de cela, Hyperprint utilise la chaleur, qui diminue la viscosité de la résine pour accélérer le recouvrement du matériau, combinée à l'impression en boucle fermée, avec des capteurs de charge CLP, qui peuvent détecter quand la pièce imprimée est recouverte a été entièrement séparé du film de la cuve en résine. Cela permet à l'imprimante Einstein de positionner la plaque de construction rapidement et avec précision tout en se déplaçant vers le haut de manière continue sans avoir à trop s'étendre vers le haut, puis à appuyer à nouveau dans la cuve de résine. Les capteurs de charge déterminent également avec précision le temps nécessaire pour séparer chaque couche par rapport à l'impression DLP traditionnelle qui utilise un facteur de temps plus long préprogrammé, généralement basé sur une construction entièrement chargée.

L'hyperimpression est limitée aux zones de construction plus petites, qui ont des forces de séparation plus faibles que les grandes zones de construction. L'Hyperprint d'Einstein est une solution abordable et efficace pour l'impression DLP à grande vitesse dont ont besoin les laboratoires et les cabinets dentaires, par exemple, pour fournir rapidement et avec précision des pièces de haute qualité aux patients. Cette approche intelligente remplace efficacement l'ancien mouvement de haut en bas sans avoir besoin d'apports spéciaux d'oxygène.

1.  
L'impression DLP de haut en bas étend les avantages de cette technologie à des formats plus grands et à une plus large gamme de matériaux. L'Xtreme 8K dispose de deux imprimantes DLP industrielles.

2.  
Avec l'impression DLP de haut en bas, les pièces n'ont pas besoin d'être gravées ou apposées sur la plaque de fabrication. Cela permet un retrait plus rapide et des débits plus élevés. Il permet également d'imprimer des pièces beaucoup plus lourdes qui ne pourraient pas être facilement suspendues à un bac de construction DLP standard.

3.  
Parce qu'il s'agit d'une imprimante DLP descendante, l'Xtreme 8K peut accueillir une très grande cuve de matériau qui peut être à faible ou à haute viscosité et ainsi offrir une plage plus large des propriétés des matériaux. L'enveloppe d'impression du 8K est de 450 x 371 x 399 mm (17,72 x 14,61 x 15,71 pouces)



## DLP de haut en bas

Après 20 ans d'impression DLP de bas en haut, le marché de l'impression 3D commence à apprécier les limites du positionnement du projecteur sous la zone de construction pour la production industrielle à grand volume.

D'une part, il y a une limite au nombre de pièces et au poids qui peuvent être suspendus verticalement à une plaque de construction lors de l'impression de bas en haut. Plus important encore, cependant, l'approche d'impression ascendante impose de sérieuses contraintes sur les types de résines qui peuvent être utilisées. Parce que la résine dans l'approche ascendante doit refluer facilement et rapidement sous la plaque de construction lors du revêtement, elle doit être d'une viscosité relativement faible. Cela limite les propriétés finales du matériau que la résine peut fournir, qui seront abordées plus loin dans ce livre blanc.

Surmonter les limites de débit de l'impression DLP standard et offrir des propriétés de matériau plus durables et plus résistantes a conduit ETEC à lancer l'imprimante DLP top-down Xtreme 8K. Cette machine de nouvelle génération est équipée de deux rétroprojecteurs industriels placés au-dessus de la cuve de résine, ce qui permet à l'Xtreme 8K d'offrir la plus grande surface de construction DLP — 166 950 mm<sup>2</sup> (450 x 371 mm) — parmi les imprimantes DLP de production disponibles dans le commerce, ainsi que deux sources de lumière intense et directe qui n'ont pas besoin de pénétrer à travers un film ou un bac de cuve, ce qui permet d'imprimer de nouveaux matériaux nécessitant plus d'énergie pour le durcissement.

Cette conception innovante de la machine a permis d'imprimer de grandes pièces et imprimez en grands volumes avec l'impression DLP ainsi que de nouveaux matériaux qui concurrencent directement les thermodurcissables utilisés dans le moulage par injection plastique traditionnel.

# L'importance du moteur léger

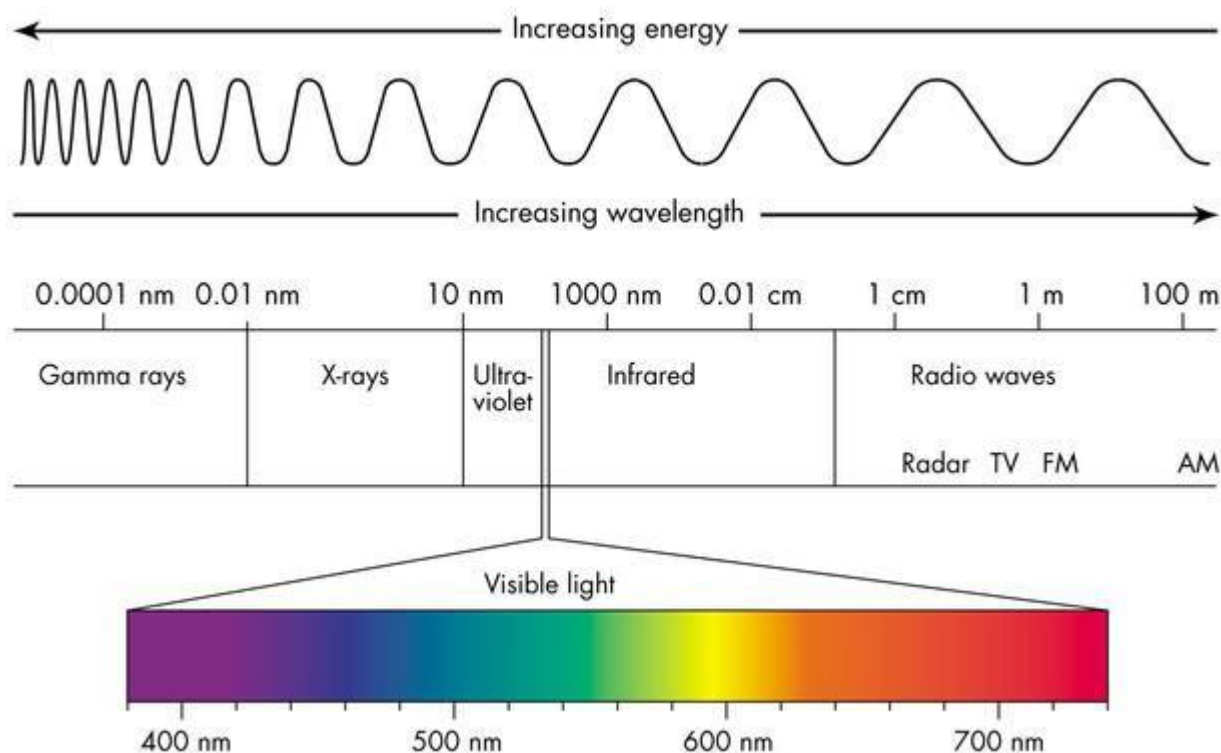
Bien que le positionnement de la source lumineuse et le processus de gestion du positionnement du plateau de construction sur l'axe z soient essentiels dans l'impression DLP, la qualité du moteur d'éclairage, qui comprend à la fois le projecteur et le train optique, ne peut être surestimée.

Différentes puces DLP et systèmes optiques peuvent entraîner des différences significatives dans la qualité des images rendues, non seulement sur les imprimantes 3D, mais aussi sur les téléviseurs, par exemple. C'est pourquoi vous pouvez parfois constater une différence visuelle lorsque vous comparez des téléviseurs utilisant exactement la même résolution de projecteur, par exemple 1080, 4K ou 8K.



La qualité des puces DLP peut varier considérablement, allant des puces très bon marché que l'on trouve dans un projecteur domestique ou professionnel à des systèmes extraordinairement précis et coûteux utilisés pour le durcissement des revêtements aérospatiaux de grande valeur. ETEC n'utilise que de véritables puces DLP industrielles conçues pour le processus d'impression 3D et offrant des rapports de contraste beaucoup plus élevés que les alternatives moins coûteuses, ce qui se traduit par des détails de pièces plus nets et une plus grande précision.

Pour obtenir les meilleures performances possibles, ces puces industrielles peuvent également être optimisées pour fonctionner avec des longueurs d'onde de lumière spécifiques. Étant donné que les résines imprimées avec DLP sont durcissables aux UV, les projecteurs et les puces utilisés dans



les systèmes ETEC sont conçus pour fonctionner à 385 nm, une véritable longueur d'onde ultraviolette, qui se situe en dehors du spectre de la lumière visible. Certains systèmes d'impression 3D, même avec une résolution de projecteur plus élevée, offrent une qualité de pièce inférieure en utilisant une longueur d'onde de fréquence inférieure, telle que 405 nm.

385nm



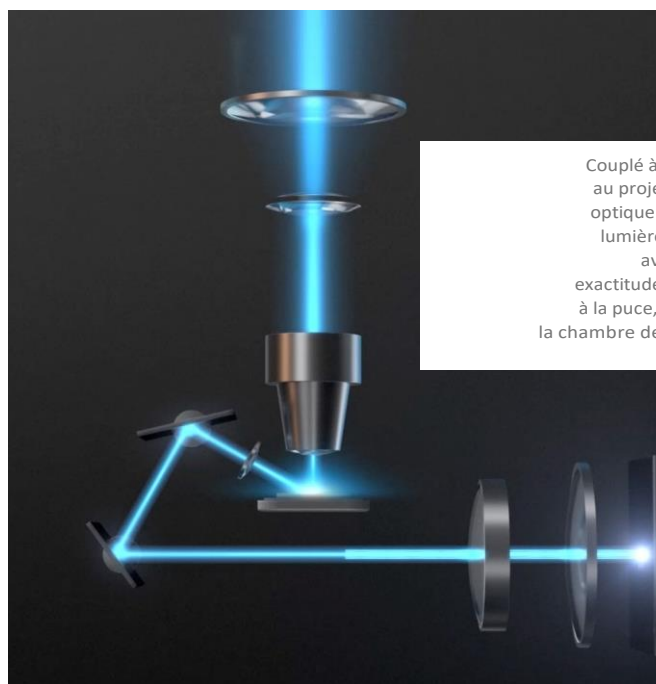
405nm



Le système optique personnalisé utilisé dans le ETEC Envision One.

Tout comme pour les projecteurs et DLP, de nombreuses entreprises tentent de réduire les coûts du système en utilisant des composants prêts à l'emploi pour créer leurs trains optiques, ce qui se traduit par des moteurs légers de moindre qualité et des pièces de qualité inférieure. Pour garantir une finition et une précision des pièces optimales, certains fournisseurs d'imprimantes, dont ETEC, s'appuient sur des optiques de haute qualité, conçues sur mesure, conçues et conçues pour les longueurs d'onde UV afin de garantir une efficacité maximale

La puissance est délivrée aux pièces avec une distorsion minimale.



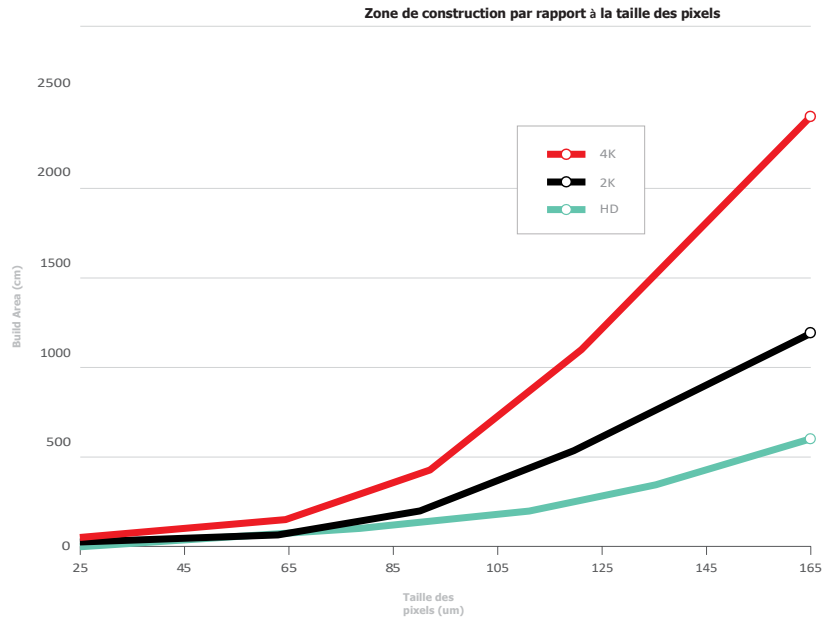
Couplé à la puce DLP et au projecteur, un train optique garantit que la lumière est transmise avec précision et exactitude du projecteur à la puce, puis à la puce. la chambre de construction.

Dans une conception de machine ascendante, le matériau utilisé pour le fond de la cuve rend également Une grande différence dans la façon dont la lumière est transmise du projecteur à la résine pour le durcissement. Certains bacs de cuve en plastique s'usent avec le temps en raison des mouvements répétés de la plaque de construction et de l'écoulement de la résine, devenant flous et entravant leur capacité à transmettre la lumière, ce qui diminue la qualité de la pièce. En revanche, les systèmes DLP ascendants d'ETEC et de Desktop Health utilisent un film optique de haute qualité placé avec précision dans un plateau avec des parois latérales en acier de qualité industrielle.

De plus, la technologie des projecteurs et des puces DLP a progressé au fil du temps, imitant le modèle de la loi de Moore, avec des avancées significatives tous les 3 à 5 ans. Les progrès réalisés en matière de projection ont permis d'obtenir à la fois une résolution et une puissance plus élevées, la puissance brute des projecteurs DLP ayant été multipliée par huit au cours de la dernière décennie, passant à plus de douze fois lorsque l'on exploite la technologie de réseau de projection de l'Xtreme 8K, qui est détaillée plus loin dans ce guide. Ce saut de puissance réduit drastiquement les temps d'impression et permet l'utilisation de la chimie des molécules à longue chaîne, ce qui produisent à leur tour des matériaux plus solides, plus résistants et plus durables qui rivalisent avec les propriétés des thermoplastiques et des élastomères largement utilisés.



Les projecteurs à haute résolution offrent des pixels plus petits et plus résolus pour la même taille d'impression et peuvent également imprimer dans des lits d'impression plus grands tout en conservant une qualité élevée. Cependant, tous les projecteurs 4K n'offrent pas la même qualité de lumière d'un projecteur à l'autre, car il existe un large éventail de considérations dans le moteur d'éclairage.



## Considérations relatives au processus

Une fois que vous avez appris à vous familiariser physiquement avec une machine DLP et le moteur de lumière, la compréhension du processus DLP se résume vraiment à une connaissance de base des pixels et des voxels.

Les pixels – un terme courant en photographie – sont les éléments constitutifs d'une image numérique dans le plan xy, tels que ceux flashés par une imprimante DLP pour durcir une couche spécifique d'une construction, et sont généralement de forme carrée ou rectangulaire. En règle générale, plus le nombre de pixels mappés à une zone donnée est élevé, plus la résolution est élevée. À titre d'exemple, un téléviseur avec une résolution 4K semble plus net qu'un téléviseur avec une résolution HD car il a 4 fois plus de pixels répartis sur la même zone.

Les voxels sont simplement la version 3D des pixels. Dans l'impression DLP, les voxels sont créés lorsque l'énergie du projecteur pénètre verticalement dans le pixel dans le plan z d'une cuve pendant qu'une couche durcit. Mais avec la technologie haut de gamme d'aujourd'hui, un pixel n'a pas besoin d'avoir des bords tranchants.

## Des pixels aux voxels

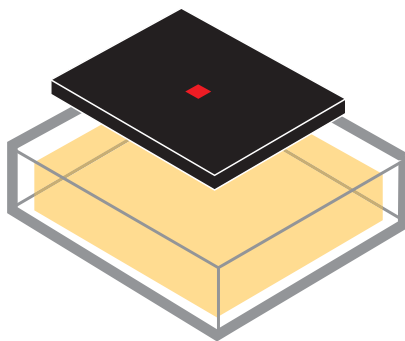
Prenons l'exemple de l'ETEC P4K Pro, qui utilise un projecteur natif de 2560 x 1600 pixels avec 2 560 pixels sur l'axe horizontal et 1 600 pixels sur l'axe vertical des y.

Bien que toutes les versions de l'imprimante P4K Pro utilisent le même projecteur, chacune offre des zones de construction différentes. Plus la zone de construction est petite, plus la taille de chaque pixel est petite, ce qui améliore la résolution, et vice versa.

Prenons donc le P4K Pro 35, qui offre une surface de construction de 90 x 56 mm. La taille des pixels est un carré de 35  $\mu\text{m}$  dans X et Y, un nombre déterminé par des mathématiques simples :

- X Résolution = 90 mm / 2560 pixels ou 35  $\mu\text{m}$
- Y Résolution = 56 mm / 1600 pixels ou 35  $\mu\text{m}$

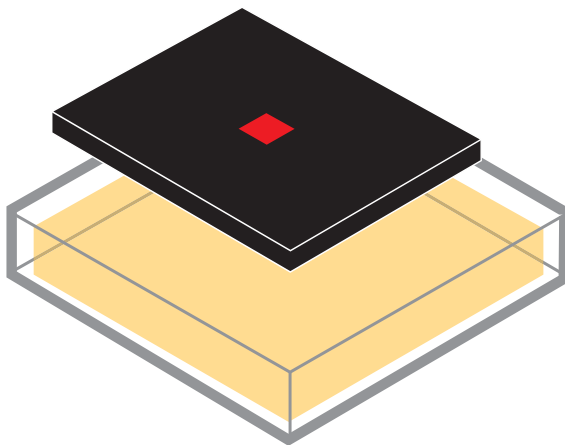
#### P4K 35



Sur le P4K 90, cependant, la taille de construction est de 230 x 144 mm et la taille de pixel est de 90  $\mu\text{m}$ .

- Résolution X : 230 mm / 2560 pixels = 0,090 mm = taille de pixel de 90  $\mu\text{m}$
- Résolution Y : 144 mm / 1600 pixels = 0,090 mm = taille de pixel de 90  $\mu\text{m}$

#### P4K 90



Alors que la lumière du projecteur est structurée en pixels sur un lit, elle crée également un pixel volumétrique lorsque l'énergie pénètre dans toute la profondeur de la couche d'impression. Au fur et à mesure qu'un projet de construction se développe et que la quantité d'énergie pénètre également dans ce voxel pour le lier à la couche précédente. La profondeur de cette liaison est déterminée par l'intensité de l'énergie dans chaque pixel ainsi que le temps d'exposition.

Dans certains systèmes, la liaison couche à couche est faible. La polymérisation complète est parfois effectuée à l'extérieur de l'imprimante dans une unité de polymérisation une fois que la pièce a été complètement formée.

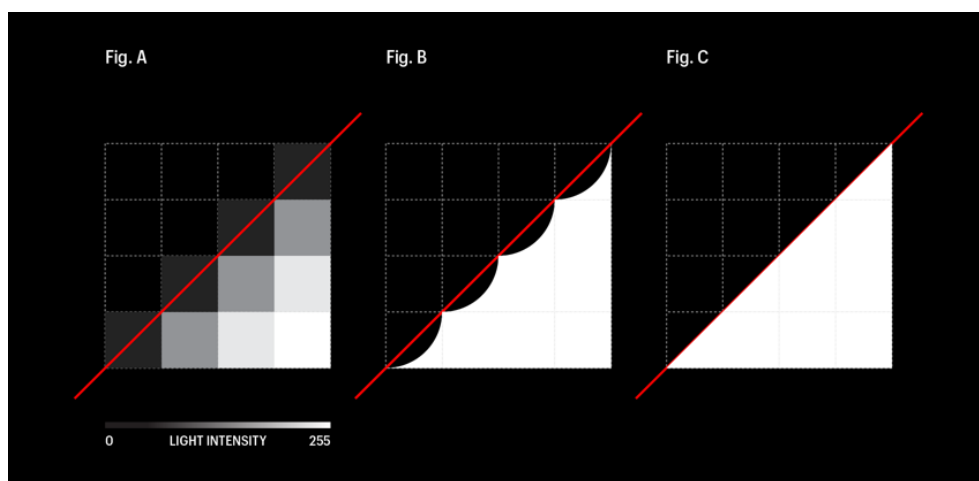
## Technologie d'anticrénelage et de décalage des pixels

Bien qu'une surface lisse soit une exigence pour de nombreuses pièces, sa création peut être un défi lorsque vous utilisez des blocs de construction à pixels carrés.

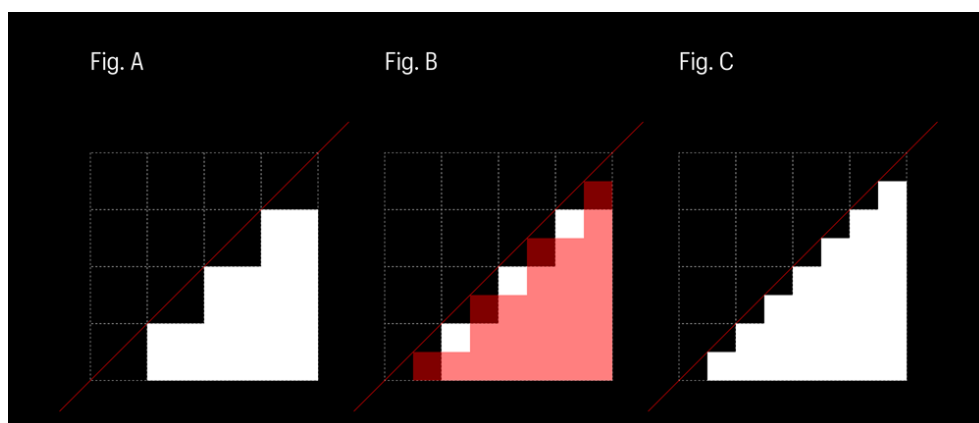
Les anciens systèmes DLP créaient souvent un bord irrégulier, parfois appelé « marches d'escalier » dans l'industrie, similaires aux images d'un jeu d'arcade pixellisé à basse résolution des années 1980.

Bien qu'il puisse être moins perceptible sur les petites pièces, le pas d'escalier devient plus prononcé à mesure que la taille des objets imprimés et les volumes de construction augmentent, ce qui a conduit de nombreux fabricants à développer des méthodes pour son atténuation.

Les puces DLP les plus avancées d'aujourd'hui peuvent fournir des pixels avec plus de sophistication que le simple fait de les activer ou de les éteindre. En contrôlant étroitement



l'intensité de l'énergie lumineuse à chaque pixel individuel, les projecteurs peuvent créer des bords doux et lisses, éliminant l'effet de marche d'escalier. Dans le monde numérique, cette technologie dite anticrénelage est devenue si omniprésente que la pixellisation a été réduite à un point qui ne peut être discerné par l'œil humain. Dans l'impression 3D, ces techniques permettent d'obtenir une finition de surface lisse, qu'une pièce ait des bords droits ou courbes.



Étant donné que les voxels se développent du centre d'une pièce vers les bords, l'application de moins de puissance à ces pixels extérieurs ralentit également la réaction de polymérisation, assurant la

Les voxels qui en résultent ne se développent que jusqu'au bord de la pièce et pas au-delà, ce qui donne une finition de surface qui nécessite peu ou pas de post-traitement

ETEC pousse cette sophistication encore plus loin grâce à la technologie de décalage des pixels. En déplaçant les pixels sur le bord d'une pièce d'un demi-pixel dans les directions X et Y grâce à une stimulation électromécanique du projecteur, les marches d'escalier sont encore réduites de moitié. Il en résulte que l'état de surface a considérablement amélioré grâce à un projecteur à résolution inférieure, en particulier en combinaison avec la technologie sophistiquée de mise en niveau des gris de la puce DLP.

## Comprendre les matériaux photopolymères

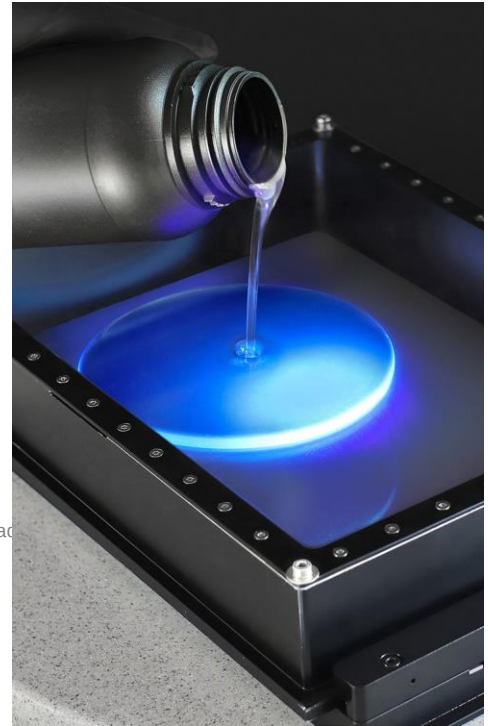
Bon nombre des résines photopolymères à faible viscosité initiales utilisées dans le VPP – qu'il s'agisse de DLP ou de SLA – ont été dérivées de l'industrie des revêtements de protection, où elles ont été appliquées en couches ultra-minces, puis durcies avec des lampes UV.

Ces résines liquides sont généralement composées de trois composants :

- Monomères – composés d'une seule unité chimique répétitive qui peuvent réagir avec d'autres monomères pour former de très grosses molécules, ou polymères.
- Oligomères - intermédiaires dans la réaction de polymérisation constitués d'un petit nombre de produits chimiques répétés unités (mais pas autant qu'un polymère).
- Photo-initiateurs - molécules qui créent des espèces réactives, comme les radicaux libres, les cations ou les anions, lorsqu'elles sont exposées à des rayonnements visibles ou UV.

Pendant le durcissement, les monomères et les oligomères sont réticulés, ou liés chimiquement pour former un polymère, par le processus de polymérisation des radicaux libres, qui se compose de trois étapes principales. Tout d'abord, les photo-initiateurs réagissent avec la lumière UV pour produire des radicaux libres, déclenchant la réaction de polymérisation. Les radicaux libres entraînent alors la formation de liaisons covalentes entre les molécules réactives, provoquant la croissance de la chaîne polymère. Lorsque presque toutes les molécules réactives sont liées, la polymérisation se termine.

Bien que ces résines photopolymères précoces durcissent rapidement et offrent une bonne finition de surface, elles ont tendance à être cassantes et sujettes à la fissuration et à l'éclatement, offrant une faible résistance aux chocs et peu de ténacité et de résilience nécessaires pour rivaliser avec les plastiques fabriqués traditionnellement d'aujourd'hui. Leurs performances ont également tendance à se dégrader avec le temps ou lorsque les pièces sont exposées à la lumière et à des températures chaudes ou froides.



www.cad

Ces obstacles de performance sont enracinés dans le fait que, lorsqu'ils sont photodurcis, les acrylates à faible viscosité avec des chaînes moléculaires plus courtes ont tendance à former rapidement une architecture polymère inhomogène avec une densité de réticulation élevée qui n'offre pas la flexibilité de revenir à son état d'origine après une contrainte et une déformation, préférant se fissurer ou se briser à la place.

Depuis des décennies, le domaine de la fabrication additive polymère s'efforce d'améliorer les propriétés des matériaux des acrylates et des méthacrylates utilisés dans les résines photopolymères pour des applications spécifiques dans le but de surmonter ces obstacles et d'offrir des propriétés élastomères plus résistantes.

Une approche a consisté à traduire les systèmes époxy à deux composants en acrylates pour améliorer les propriétés, en tirant souvent parti des additifs, des monomères ou des polyuréthanes qui peuvent aider à améliorer les propriétés mécaniques. Bien que ces approches aient permis d'obtenir des propriétés matérielles impressionnantes, elles présentent souvent d'autres inconvénients, tels qu'une courte durée de vie en pot ou de longs temps de cuisson post-impression pour terminer le durcissement.

[www.cadvision.fr](http://www.cadvision.fr) | [info@cadvision.fr](mailto:info@cadvision.fr)

## Une nouvelle catégorie révolutionnaire de photopolymères



Aerosport Additive imprime en 3D des résines DuraChain™ sur l'ETEC Xtreme 8K. Situé à l'extérieur de Columbus, dans l'Ohio, Aerosport est un bureau de services haut de gamme pour les pièces imprimées en 3D et d'autres types de pièces en polymère, en métal et renforcées de fibres pour les prototypes et la production.

DuraChain est une nouvelle catégorie de matériaux inventée par Adaptive3D, une filiale de Desktop Metal, pour résoudre ces problèmes.

Fondée en 2015 à l'Université du Texas à Dallas avec un financement de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), Adaptive3D a développé un logiciel propriétaire et unique mélange de matériaux qui tire parti d'un processus de réaction chimique spécifique, appelé séparation de phase induite par la photopolymérisation, ou Photo PIPS, pour offrir de toutes nouvelles propriétés de matériau en DLP.

Fondée en 2015 à l'Université du Texas à Dallas avec un financement de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), Adaptive3D a développé un mélange exclusif et unique de matériaux qui tire parti d'un processus de réaction chimique spécifique, appelé séparation de phase induite par la photopolymérisation, ou Photo PIPS, pour offrir de toutes nouvelles propriétés de matériau dans l'impression 3D DLP.

Lorsqu'elles sont exposées à la lumière pendant l'impression DLP, les résines photopolymères DuraChain se séparent en phase au niveau nanométrique, puis durcissent en un matériau résilient.

Un réseau haute performance, un peu comme les anciens systèmes de matériaux en deux parties avec une durée de vie en pot plus courte. L'un des défis de l'impression de ces matériaux est qu'ils contiennent des oligomères de base à haute viscosité - similaires au miel ou à la mélasse - et des monomères miscibles qui ne seraient pas faciles à traiter sur les systèmes DLP ascendants, qui nécessitent des résines plus fluides.

En fin de compte, cette gamme révolutionnaire de photoélastomères offre enfin les propriétés robustes et résilientes dont le marché a besoin, avec une résistance à la déchirure, un allongement et une ténacité élevés. De plus, cette approche chimique unique est livrée en un seul pot, Chimie monocomposante, stable au pot. Parce que ces matériaux sont très visqueux et produisent des pièces lourdes et durables, ils nécessitent actuellement une imprimante DLP descendante pour le traitement.

Aujourd'hui, les résines DuraChain, qui comprennent tous les matériaux énumérés ci-dessous, sont imprimables sur l'ETEC Xtreme 8K :

- Elastic ToughRubber™ 90 (ETR 90) – l'élastomère AM le plus résistant du marché. ETR peut déjà être trouvé dans les pièces et les produits qui sont vendus sur les étagères des magasins. Il est parfait pour les semelles intercalaires et les talonnettes, les joints, les bottes de porte, les soufflets, les structures en treillis de type mousse et les pièces d'impact.
- Elastic ToughRubber 70 (ETR 70) – Un ToughRubber™ plus souple et plus extensible, utile lors de l'impression, les limites de résolution des entretoises individuelles et les tailles minimales des caractéristiques ne permettent pas à l'ETR 90 d'obtenir le toucher doux requis par la seule microarchitecture.
- Soft ToughRubber (STR) - Conçu pour les prototypes fonctionnels d'écouteurs audio, d'appareils électroniques portables et de modèles médicaux anatomiques, Soft ToughRubber™™ (STR) offre une sensation de silicone et des propriétés mécaniques avec la résolution et la finition de surface fournies par l'impression DLP.
- FreeFoam™ – Une nouvelle famille de résines photopolymères contenant un agent moussant activé par la chaleur. Après l'impression d'un dessin dans FreeFoam, la pièce est expansée lors du moussage dans un four, créant une mousse à cellules fermées avec une précision dimensionnelle serrée et personnalisable pour une variété de valeurs de dureté Shore A.



Il s'agit de l'intérieur d'une Xtreme 8K impression 3D FreeFoam™, une résine d'impression 3D extensible révolutionnaire conçue pour la production en série de pièces en mousse. Il fait partie de la famille de photopolymères DuraChain imprimables exclusivement sur l'imprimante DLP descendante ETEC Xtreme 8K.



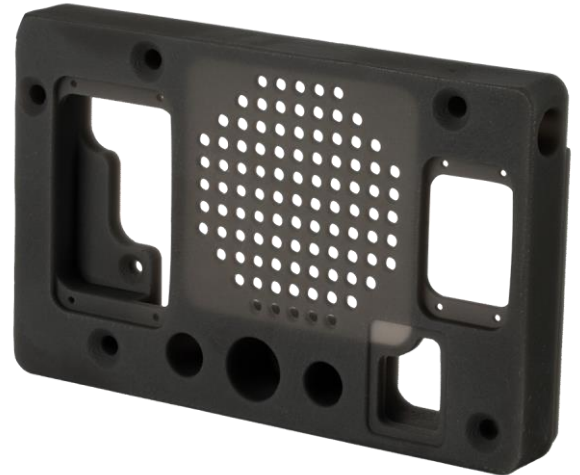
# Application Examples

## Boîtier de PCB

L'outillage de moulage par injection pour une petite pièce comme ce boîtier de PCB commence généralement à environ 10 000 \$, avec un coût supplémentaire de 1 \$ à 2 \$ par coup. Avec ces coûts initiaux, un outil de moulage par injection n'atteindrait pas le seuil de rentabilité à moins que cette pièce ne soit fabriquée en volumes d'au moins 5 000.

Avec l'Xtreme 8K, qui utilise 80 % du volume de construction, jusqu'à 3 500 de ces boîtiers peuvent être produits par semaine, pour un coût de 3,25 \$.

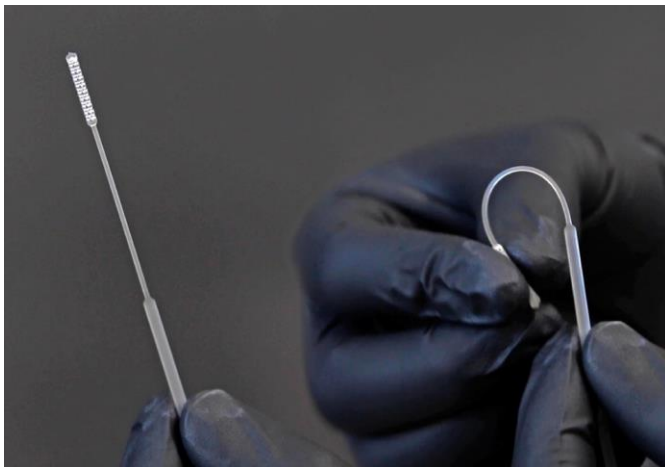
L'impression de cette pièce plutôt que le moulage par injection élimine le besoin d'amortir l'outillage et permet aux coûts par pièce de rester stables. De plus, étant donné que la DLP permet un inventaire numérique, le stockage des pièces sous forme de fichiers numériques, signifie que le coût de stockage des pièces de rechange ou de remplacement et de maintenance de l'outillage est éliminé en stockant les pièces sous forme de fichiers numériques et en produisant des stocks à la demande.



## Boîtier de l'adaptateur de débit

Ce boîtier contient un capteur de débit d'air massique afin qu'il puisse être boulonné au reste d'un ensemble de véhicule. Produit en remplacement des pièces existantes qui ne sont plus en production ou en stock, ce boîtier était nécessaire dans des volumes relativement faibles - seulement quelques centaines de pièces par an.

En raison de ces faibles volumes, le fabricant ne pouvait pas justifier d'investir dans un outillage de moulage par injection de remplacement, car le coût de l'outillage ferait grimper le coût de la pièce. Avec DLP, la quantité exacte de pièces nécessaires peut être imprimée, à la demande, au fur et à mesure que les commandes arrivent.



## Conclusion

L'impression DLP a parcouru un long chemin au cours des trois dernières décennies, et elle continue de se démarquer des autres procédés d'impression 3D pour les polymères en raison de sa capacité à traiter des couches complètes en un clin d'œil.

Aujourd'hui, le marché commercial de la DLP est très encombré et concurrentiel, une dynamique qui continue de stimuler de nouvelles innovations dans le domaine, qu'il s'agisse de nouvelles approches de conception de machines et de processus ou de nouveaux matériaux. Alors que les systèmes DLP ascendants dominent le domaine, les fabricants industriels ont commencé à apprécier les limites de ces systèmes et les nouvelles imprimantes DLP descendantes devraient ouvrir la voie à la fabrication additive 2.0 l'avenir.

En fin de compte, les nouvelles innovations dans le domaine de la DLP ont poussé le domaine à un point où il est désormais pleinement compétitif par rapport aux approches de fabrication traditionnelles.

Les systèmes DLP avancés offrent la combinaison de vitesse, de précision, de coût, de propriétés des matériaux et de débit nécessaire pour rivaliser avec la fabrication traditionnelle et, dans certains cas, la battre. Ils ont également la capacité de produire des pièces complexes à n'importe quel volume sans le coût, les longs délais de livraison et les limitations géométriques de l'outillage.

L'impression DLP et d'autres technologies de fabrication additive 2.0 effacent ou réécrivent ces règles, et les résultats auront un effet profond sur la façon dont nous fabriquons pratiquement tous les produits que nous utilisons au cours de la prochaine décennie.



## Informations

Téléphone : 01 39 30 65 06  
Email : [info@cadvision.fr](mailto:info@cadvision.fr)  
Internet : [www.cadvision.fr](http://www.cadvision.fr)



Desktop Metal (NYSE :DM) est le moteur de la fabrication additive 2.0, une nouvelle ère de production de masse numérique à la demande de produits industriels, médicaux et de consommation. Nos imprimantes 3D, nos matériaux et nos logiciels innovants offrent la vitesse, le coût et la qualité des pièces nécessaires à cette transformation. Nous sommes les inventeurs originaux et les leaders mondiaux des méthodes d'impression 3D qui, selon nous, permettront ce changement, le jet de liant et le traitement numérique de la lumière. Aujourd'hui, nos systèmes impriment du métal, du polymère, du sable et d'autres céramiques, ainsi que de la mousse et du bois recyclé. Les fabricants utilisent notre technologie dans le monde entier pour économiser du temps et de l'argent, réduire les déchets, augmenter la flexibilité et produire des conceptions qui résolvent les problèmes les plus difficiles du monde et permettent des innovations autrefois impossibles. Pour en savoir plus sur Desktop Metal et nos marques #TeamDM, rendez-vous sur [www.desktopmetal.com](http://www.desktopmetal.com)

Desktop Métal, 63 3rd Ave  
Burlington, MA 01803, États-Unis

**Desktop Health**

