

A graphic of a staircase with grey steps and white dashed outlines, ascending from the bottom left towards the top right. The background is black on the left and transitions to white on the right.

# Technologie DLP avancée

**Pour une impression 3D encore plus réussie**

Découvrez comment les technologies de décalage des pixels et de niveaux de gris peuvent supprimer le crénelage de manière harmonieuse sur les surfaces imprimées en 3D, afin de permettre une impression DLP rapide, plus précise, et avec un fini de surface parfait.

A close-up, low-angle shot of a 3D printer nozzle, showing the fine details of the printing process with a bright light source.

## Rapide, précis et ergonomique - Quelle est la meilleure technologie d'impression 3D ?

*Le choix n'est jamais évident entre SLA et DLP. Le fait de comprendre le fonctionnement des technologies de décalage des pixels et des niveaux de gris, qui éliminent harmonieusement le crénelage sur les objets 3D, peut aider les clients à se décider.*

**T**outes les formes d'impression 3D ne sont pas créées de la même façon - et cette vérité est également évidente à l'œil nu avec les processus d'impression 3D..

Les novices du domaine s'affrontent parfois quant au fait que pour une impression 3D, la technologie DLP soit plus recommandable que la technologie SLA, et inversement. Toutefois, même en termes de procédés d'impression, les technologies SLA (stéréolithographie) et DLP (Digital Light Processing) affichent des différences importantes dans l'approche, et donc, dans le produit final.

Si l'on recherche l'imprimante 3D la plus précise, la plus rapide, avec la meilleure résolution et un état de surface parfait, il est important de se pencher sérieusement sur ces détails. Car c'est la performance de notre entreprise qui se joue.

Pourquoi ? Car le post-traitement est le vilain petit secret de l'impression 3D et que personne ne veut gagner du temps et de l'argent en imprimant des éléments 3D qui, par la suite, ne s'avèreront pas du tout rentables une fois la fabrication achevée, car il sera nécessaire de nettoyer, de polir et de poncer, et que ces opérations coûtent cher.

### SLA Versus DLP - L'analyse simple

**L**e concept qui se cache à la fois derrière la technologie SLA et la technologie DLP est assez basique.

Un bac en photopolymères ou en résine est exposé à une source lumineuse qui transforme le matériau en un objet final, à partir d'un fichier de conception numérique.

Avec la technologie SLA, la source lumineuse est produite par un laser. Avec la technologie DLP, elle est créée avec un projecteur haute-définition.

En s'appuyant sur une analyse très simplifiée, il est facile de dresser la liste des « pour » et des « contre ».

Avec l'impression SLA, le laser dessine littéralement (le terme « lithographie » signifiant « écrire ») l'image de l'élément sur le bac de résine, puis dessine à l'intérieur (parfois cet ordre n'est pas respecté), en faisant durcir le liquide, ligne après ligne, et couche après couche, afin d'obtenir un objet fini.

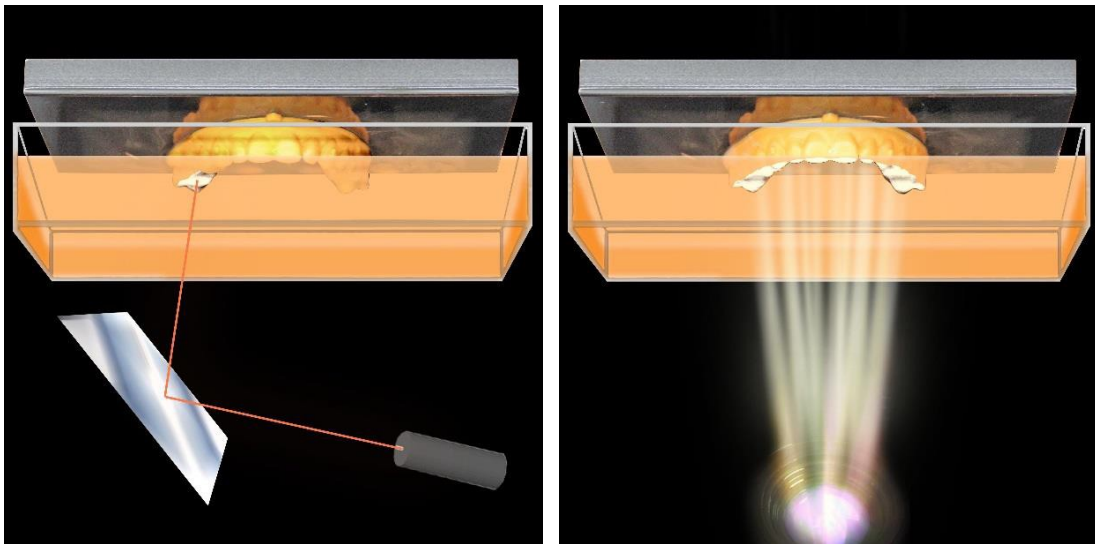


TECHNOLOGIE  
AVANCÉE

**DLP**

**SLA**

*L'état de surface est déterminant lorsque l'on parle de post-traitement, mais la précision est elle aussi critique. Ces éléments sont des modèles numériques identiques, mais l'imprimante DLP EnvisionTEC a offert un taux de précision égal à 96,3%, tandis que sa version SLA n'obtient un taux de précision que de 68,0%.*



*Concrètement, la technologie SLA dessine un élément en résine au moyen d'une source lumineuse laser, un processus chronophage. La technologie DLP est plus rapide car elle n'a pas besoin de tracer chacune des lignes et peut traiter un plus grand volume de résine à chaque exposition.*

Peu importe la rapidité de l'imprimante ; la technologie SLA est une stratégie qui demande du temps. Imaginez simplement de pouvoir dessiner chaque couche individuellement sur une feuille de papier, avec un stylo à pointe fine, en traçant avec précision la forme, puis en coloriant les parties denses du milieu avec ce même stylo, page après page. Bien qu'elle réclame plus de temps, à la finalité, le processus offre un produit plus précis, avec des extrémités plus régulières, du moins dans la théorie.

Avec l'impression DLP, un projecteur haute-définition éclaire chaque couche sur le polymère, un processus plus proche du tampon encreur. Cependant, dans la mesure où un projecteur délivre de la lumière en pixels - en créant des pixels volumétriques, ou voxels, sur la résine - il existe indéniablement une forme pixélisée et carrée, qui inhibe l'arrondi des extrémités.

Voici une analyse rapide des technologies SLA et DLP. Mais cela fait-il tout ? Pas exactement - surtout si vous commencez à vous intéresser à la multitude de brevets relatifs à ces procédés, disponibles à travers le monde.

Pour le reste, comme le disent ceux qui l'ont testé, l'expérience est la seule chose qui compte réellement lorsqu'il s'agit d'impression 3D.

Imaginons : Et si la technologie DLP réussissait à « lisser » ses extrémités pixélisées et pointues ? Serait-elle - pourrait-elle être - plus efficace que la plus efficace des technologies SLA ?

---

La technologie DLP résout les défis posés par une approche DLP classique, et, en conséquence, offre vitesse, précision, et fini lisse en surface.

---

## La technologie DLP avancée offre qualité en surface et rapidité

**E**nvisionTEC dispose d'une équipe d'ingénieurs spécialisés en impression 3D, pionniers dans la fabrication d'additifs. Ces derniers ont répondu à ces interrogations il y a plus d'un siècle. C'est pour cette raison que la société est leader dans le secteur, et est en mesure de fournir des éléments de qualité imprimés avec la technologie DLP, jusqu'à 10 microns, toujours avec un fini de surface lisse et régulier, qui ne requière aucun post-traitement supplémentaire.

En conséquence, les secteurs réclamant le plus de précision et de formes organiques lisses (tels que l'industrie des soins dentaires et auditifs), préfèrent opter pour des imprimantes 3D EnvisionTEC pour leur productivité. Six appareils auditifs sur dix fabriqués à travers le monde le sont à partir d'imprimantes EnvisionTEC, et les dentistes, orthodontistes et cliniques dentaires adoptent rapidement les imprimantes DLP conçues par EnvisionTEC pour les mêmes raisons : leur précision, leur rapidité, et leur rendu.

EnvisionTEC utilise différentes approches brevetées et propriétaires, afin de délivrer ces courbes étonnantes et cet état de surface parfaitement lisse.

Afin de comprendre pourquoi ces méthodes fonctionnent si bien, identifions dans un premier temps l'origine du problème avec une approche DLP générique.

Un projecteur délivre de la lumière sous la forme de pixels de forme carrée, ce qui crée des pixels volumétriques, appelés « voxels », lorsque la lumière vient imprimer la résine.

Le long d'une extrémité incurvée, cela provoque ce que l'on appelle dans le secteur de l'imprimerie 3D un « crénelage » - un rebord irrégulier qui rappelle le début de l'époque des jeux vidéo 8 bits.

En plus du défi à relever, la dimension de chaque pixel est prédéterminée par une formule simple : chaque pixel fait la taille de l'espace de construction, ou de l'enveloppe de travail, divisée par la résolution du projecteur. Plus l'objet à imprimer est petit, moins l'utilisateur rencontrera de difficultés avec le crénelage, mais plus il sera gros, plus les pixels seront prononcés et lus le crénelage sera présent.

De plus, la dimension des pixels ne peut être modifiée sans modifier la dimension du projecteur ou de l'espace de construction.

Au début des années 2000, une petite équipe d'ingénieurs allemands et américains, dirigée par Al Siblani, le fondateur d'EnvisionTEC, et Alexander Shkolnik, son directeur technique, a développé deux méthodes indépendantes permettant de lisser les éléments crénelés pixélisés.

Leur première solution, assez simple, réduit la taille de chaque crénelage d'un demi-pixel. EnvisionTEC a obtenu un brevet pour cette approche ([US7790093 B2](#)) en 2005.



*Al Siblani, sur la gauche, fondateur et PDG d'EnvisionTEC, et Alexander Shkolnik, le directeur technique du groupe, ont dirigé le développement de deux méthodes de lissage de surfaces pixélisées sur objets 3D, en ayant recours à la technologie DLP. Ils ont obtenu leurs brevets sur ces techniques 3D anti-crénelage au début des années 2000.*

## Solution Numéro 1 : Le module ERM de l'imprimante 3D EnvisionTEC.

**L**e module à résolution améliorée développé par EnvisionTEC (ou ERM), est un dispositif physique (produit dans les locaux du groupe en Allemagne), qui permet de décaler légèrement les pixels du projecteur émettant la lumière, de manière très précise. Ce décalage réduit littéralement le crénelage de moitié, pour les objets à la fois longs et petits.

Ce processus explique également pourquoi la surface incurvée produite par les imprimantes DLP EnvisionTEC est au moins deux fois mieux réussie que par ses concurrents, même lorsque les mêmes projecteurs sont utilisés. Les machines Desktop et Perfactory DLP de la marque EnvisionTEC sont livrées avec des projecteurs HD disponibles en plusieurs résolutions, allant de 1400 x 1080 à 1920 x 1200.

Le dispositif ERM n'est pas un simple « module ». Au contraire, il s'agit de systèmes électromécaniques complexes. Un boîtier de contrôle délivre un courant électrique - un pour le mouvement sur X et un autre pour le mouvement sur Y - sur une plaque métallique de forme carrée à intérieur creux, présente juste en-dessous du projecteur. Cet appareil, lorsqu'il est excité de façon stratégique par l'électricité, permet un léger mouvement contrôlé, sur les dimensions X et Y.

Le module ERM déplace littéralement la projection d'un demi-pixel vers la gauche ou la droite sur la dimension X, ou d'un demi-pixel vers le haut ou le bas sur la dimension Y.

Avec une technologie DLP traditionnelle, une imprimante 3D est capable d'éclairer une couche d'image complète, pendant environ 10 secondes, pendant la fabrication d'un objet. Avec la technique de décalage des pixels développée par EnvisionTEC, chaque exposition se produit deux fois.

Dans cet exemple, considérons que l'exposition du premier niveau de référence soit de cinq secondes, là où la polymérisation devrait avoir lieu. Toutefois, l'exposition des cinq secondes suivantes est décalée d'un-demi pixel sur la gauche sur la dimension X et vers le bas sur la dimension Y, ce qui réduit tout risque de décalage de moitié.

---

**Le module ERM déplace littéralement la projection d'un demi-pixel vers la gauche ou la droite sur la dimension X, ou d'un demi-pixel vers le haut ou le bas sur la dimension Y.**

---

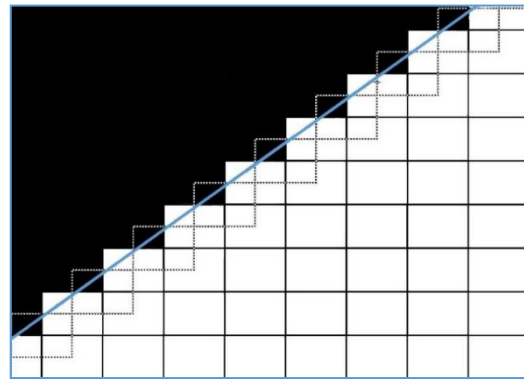
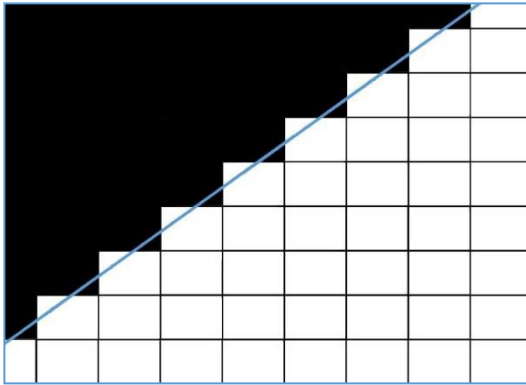
En fonction de la taille de l'objet à produire, cette réduction du crénelage peut rendre le crénelage virtuellement indétectable à l'œil humain.

Le décalage des pixels est entièrement contrôlé et régulé par le logiciel propriétaire Perfactory, développé par EnvisionTEC, grâce auquel les utilisateurs n'ont pas besoin de contrôler manuellement les opérations. Le système fonctionne automatiquement afin de lisser le fini de surface.

Mais EnvisionTEC ne s'est pas arrêté là dans sa recherche du meilleur état de surface.



*Ceci est une photographie du module EnvisionTEC Enhanced Resolution, qui délace un demi-pixel sur les dimensions X et Y, afin de déplacer légèrement la deuxième exposition sur ses machines DLP et réduire la structure en crénelage, au moyen d'une technique anti-crénelage 3D avancée. Le projecteur éclaire depuis le centre du module.*



*L'image ci-dessous illustre la manière dont le crénelage pixélisé est obtenu avec une approche DLP générique. Cependant, avec la technique de décalage des pixels développée par EnvisionTEC, représentée sur la droite, les pixels sont déplacés d'une moitié de X ou de Y en comparaison avec l'exposition d'origine, ce qui réduit le crénelage pointu de moitié.*

### Mais, cela va encore plus loin ! Il existe l'anti-crénelage avec échelle de gris

**L** nvisionTEC combine sa technique de décalage des pixels à une autre méthode propriétaire et brevetée, appelée « en niveaux de gris », qui n'est, ni plus ni moins, qu'une technologie anti-crénelage pour les objets 3D.

Les premiers brevets attribués à cette méthode ont été délivrés en 2007, à la fois en Allemagne et aux Etats-Unis. ([EP1849587 B1](#), [US20080038396A1](#), [US20070260349A1](#))

Les technologies anti-crénelage prolifèrent de nos jours - utilisées sur les plateformes numériques 2D sur lesquelles les images apparaissent au format numérique, dans les jeux vidéo et sur les écrans TV. Dans notre ère du numérique, il existe de nombreuses méthodes high-techs d'anti-crénelage, permettant de lisser les extrémités des images pixélisées que nous voyons chaque jour.

---

La technologie anti-crénelage, qui lisse les extrémités pixélisées, est très répandue dans le monde numérique actuel, mais EnvisionTEC a découvert une nouvelle façon d'adapter cette technologie à l'impression 3D.

---

EnvisionTEC a été la première société d'impression 3D à découvrir une manière de convertir cette stratégie anti-crénelage en voxels 3D, depuis un projecteur.

Aussi, après que la technologie ERM d'EnvisionTEC ait réussi à réduire de moitié le crénelage, voici que le groupe établit une technique brevetée par niveaux de gris, permettant d'adapter les images à l'univers du jeu vidéo.

## Le niveau de gris « adoucit » les extrémités, en permettant l'impression 3D d'un nombre moins important de couches

Contrairement à la technologie SLA, qui utilise des faisceaux laser en alternance, un projecteur de lumière HD est capable d'émettre de la lumière en plusieurs teintes (ou intensités), ou d'émettre un spectre lumineux allant du blanc au noir, en passant par le gris.

Dans les faits, il existe 1024 niveaux de gris différents entre le blanc et le noir. La technologie EnvisionTEC utilise 225 de ces gris, avec un blanc pur défini à 255 et un noir défini à 0, dans le but d'arrondir les angles, de manière moderne et contrôlé.

Le logiciel intelligent breveté d'EnvisionTEC contrôle chaque pixel au niveau de l'extrémité incurvée d'un objet, en le plaçant dans un arc-en-ciel de gris, afin d'obtenir une extrémité lisse, sans crénelage.

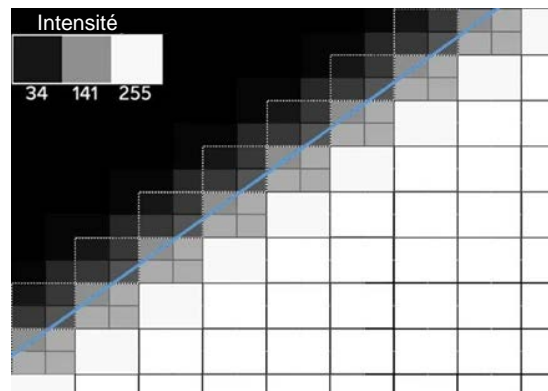
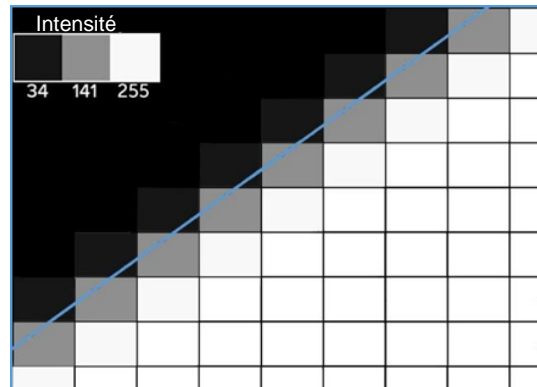
De plus, les différentes intensités rendues possibles par les niveaux de gris permettent d'obtenir un effet unique, et délivrent un résultat exclusif lorsqu'ils sont combinés à la technologie DLP développée par EnvisionTEC.

Une fois les dimensions X et Y de chaque pixel définies, la profondeur Z d'un voxel peut être ajustée, en fonction de l'intensité de lumière délivrée vers chaque pixel, au moyen des niveaux de gris. Cela signifie qu'à la différence des formes d'impressions DLP génériques, qui impriment couche après couche, la technologie DLP mise au point par EnvisionTEC imprime chaque exposition sur plusieurs niveaux de profondeur - une technique d'impression 3D qui réduit les couches et améliore la précision et le fini de surface.

L'interaction harmonieuse de la technologie de décalage des pixels, combinée aux différents niveaux de gris, permet d'obtenir un état de surface impeccable, sans crénelage et sans stries.

Au-delà de ce que l'on peut distinguer à l'œil nu et de ce que l'on peut ressentir au toucher, l'analyse des éléments finis prouvent également que cette technologie est plus précise que l'impression SLA.

*Ces pièces ont été obtenues à partir du même fichier numérique peuvent sembler similaires, mais l'image sur la gauche, imprimée en 3D avec la technologie DLP avancée d'EnvisionTEC, présente un état de surface plus lisse et lus régulier. La pièce imprimée avec la technologie développée par EnvisionTEC présente une tolérance de 96,3%, tandis que la pièce obtenue par impression SLA n'est précise qu'à 69,8%.*



*Cet exemple simplifié montre comment la technologie brevetée d'EnvisionTEC, lorsqu'elle est combinée à la méthode de décalage des pixels exclusive mise au point par le groupe (ci-dessous), délivre un état de surface microscopiquement lisse.*



## La technologie DLP mise au point par EnvisionTEC offre précision et rapidité d'exécution

**P**our les dentistes, orthodontistes et cliniques dentaires, qui demandent beaucoup de précision, un fini de surface impeccable et une vitesse de production, les différences entre la technologie d'impression DLP développée par EnvisionTEC et la technologie d'impression SLA peuvent être très marquées.

Lors d'un test comparatif de la technologie EnvisionTEC versus l'un des concurrents du groupe, l'imprimante 3D EnvisionTEC a imprimé trois modèles dentaires dans une orientation intégrée à l'horizontal, sur une imprimante SLA à bas prix et sur une imprimante Vida EnvisionTEC.

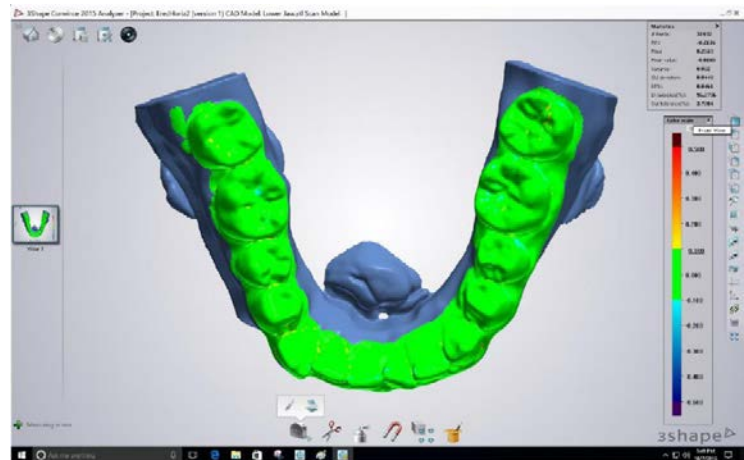
Les modèles réalisés par l'imprimante Vida présentaient une précision de 94,7% à 96,3%, en comparaison avec le modèle numérique d'origine, selon les mesures prises par le logiciel 3Shape.

La pièce produite au moyen de la technologie SLA, en outre, présentait un niveau de précision allant de 68,0% à 79,1%.

Fait à noter : les modèles obtenus à partir de l'imprimante SLA ont réclamé environ trois heures de fabrication supplémentaire.

L'unique précision des imprimantes 3D EnvisionTEC, la durée de fabrication et le fini de surface sont les critères le plus souvent retenu lors des tests comparatifs entre imprimantes 3D.

Ce model dentaire a été imprimé en 3D à l'horizontal sur une imprimante Vida et présente une précision de balayage bien plus élevée que celle du modèle d'origine, égale à 96,3%



Ce moule dentaire a été imprimé sur une imprimant 3 SD SLA premier prix, et sa précision a été comparée avec le modèle d'origine de 69,8%. Cela a démontré que le modèle se trouvait hors tolérance à 30,2%.

