



Du nouveau dans
le secteur manufacturier
Les répercussions de
l'impression tridimensionnelle

Table des matières

L'ABC de l'impression tridimensionnelle	1
Comprendre l'impression tridimensionnelle	1
Historique de l'impression tridimensionnelle	2
Applications de l'impression tridimensionnelle	4
Croissance de l'industrie	5
Adopter l'impression tridimensionnelle : un nouveau vecteur d'innovation	6
Avantages et difficultés des méthodes de fabrication traditionnelles	6
Avantages et difficultés de l'impression tridimensionnelle	7
Coûts de production par impression tridimensionnelle	9
Rupture imprévue : un cas d'innovation rapide	10
Lancement d'une initiative d'impression tridimensionnelle :	
 création de valeur par l'innovation	11
Adoption d'une démarche structurée d'impression tridimensionnelle	11
Retombées à venir de l'impression tridimensionnelle : perspectives de l'industrie	12
Annexes	
Annexe A – Étude de cas: dentisterie numérique	13
Invisalign: un nouveau modèle d'affaires inspiré de l'impression tridimensionnelle	13
Annexe B – Sources	14

L'ABC de l'impression tridimensionnelle

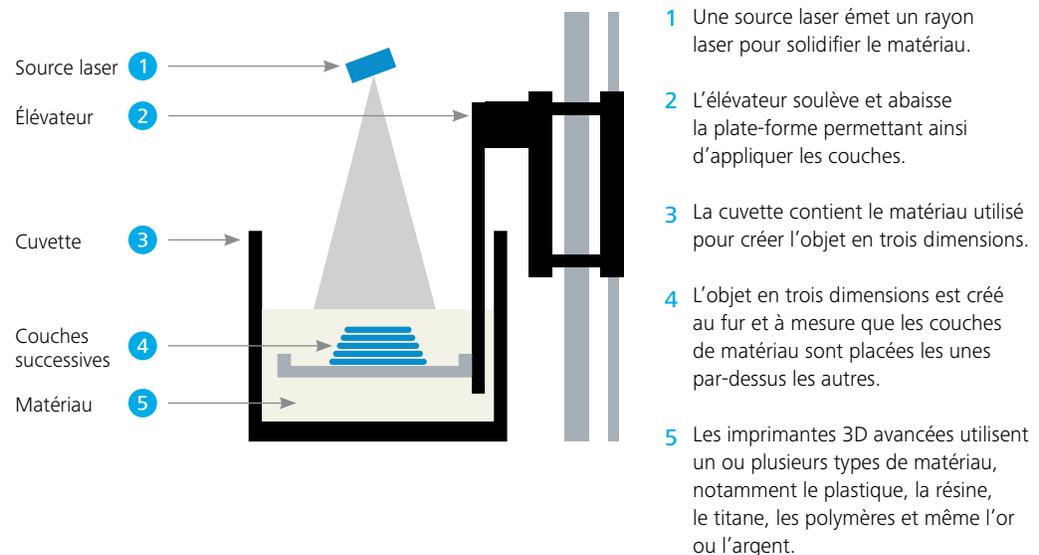
Comprendre l'impression tridimensionnelle

La fabrication additive, que l'on appelle souvent impression tridimensionnelle, est un procédé de fabrication créé en 1984 et qui n'a pas cessé d'évoluer depuis. Créé par Charles Hull, ce processus permet « d'imprimer » des objets tridimensionnels à partir de données numériques.

Lorsque des dessins tridimensionnels sont créés au moyen de certains logiciels, comme AutoCAD, les données numériques de ces dessins peuvent être envoyées à une imprimante 3D qui générera un objet en trois dimensions grâce à un processus d'impression de divers matériaux en couches successives. La figure 1 ci-dessous décrit le mode de fonctionnement général d'une imprimante 3D.

Figure 1 – Mode de fonctionnement de l'impression tridimensionnelle (Source : T. Rowe Price)

L'imprimante 3D fonctionne comme une imprimante à jet d'encre. Au lieu d'encre, l'imprimante 3D dépose le matériau voulu en couches successives pour créer un objet physique à partir d'un fichier numérique.



Grâce aux procédés techniques inimitables qu'offre l'impression tridimensionnelle, il est maintenant possible de créer de nouveaux produits de l'intérieur vers l'extérieur. Ce processus donne des résultats que les méthodes de fabrication traditionnelles ne peuvent reproduire, car l'impression tridimensionnelle est un processus additif. Elle permet à des particuliers aussi bien qu'à des entreprises de créer les structures internes d'un objet ou d'intégrer des formes uniques à l'intérieur d'un objet.

Historique de l'impression tridimensionnelle

L'impression tridimensionnelle a beaucoup évolué au cours des 20 dernières années, tout comme les innovations issues du développement de cette technologie.

Lorsque de nouveaux marchés émergent, on entend souvent des prédictions saugrenues sur les bouleversements qui s'en suivront au sein de l'industrie. La prédiction faite par Ken Olsen en 1977 en est un bon exemple. Olsen, fondateur de la société Digital Equipment Corporation, avait alors déclaré qu'il n'existait « aucune raison valable pour un particulier d'avoir un ordinateur chez soi ». À l'époque, bien des gens ont trouvé cette idée fautive parce que, comme Olsen, ils n'avaient pas entrevu ce que les ordinateurs deviendraient et ils s'appuyaient plutôt sur ce qu'étaient alors les ordinateurs. Pourtant, deux ans avant qu'Olsen ne profère sa prédiction, un mouvement marginal avait pris naissance dans Silicon Valley : une communauté s'était formée pour discuter de la manière dont les ordinateurs changeraient le monde. Un peu comme à l'époque où ces personnes ont fondé ce qui est devenu le Homebrew Computer Club (en 1975), notre société assiste actuellement à une rupture technologique : la naissance de l'impression tridimensionnelle.

La figure 2 expose brièvement les progrès qu'a amenés l'impression tridimensionnelle au sein de l'industrie. Les exemples fournis proviennent de plusieurs secteurs : automobile, fabrication, aviation, dispositifs médicaux, rénovation et joaillerie. Les possibilités qu'offre l'impression tridimensionnelle sont en effet diversifiées, dynamisantes et novatrices, et les innovations se multiplieront dans de nombreux secteurs au fil des ans, à mesure que cette technologie gagnera en efficacité.

Un peu comme à l'époque où ces personnes ont fondé ce qui est devenu le Homebrew Computer Club (en 1975), notre société assiste actuellement à une rupture technologique : la naissance de l'impression tridimensionnelle.

Figure 2 – Historique de l'impression tridimensionnelle (Source : T. Rowe Price)



Applications de l'impression tridimensionnelle

L'impression tridimensionnelle permet aux utilisateurs de développer rapidement des produits et d'y apporter des modifications avant de mettre en œuvre les procédés onéreux associés aux méthodes de fabrication traditionnelles. Ses champs d'application sont donc immenses.

L'impression tridimensionnelle est de plus en plus accessible à l'échelle mondiale et les consommateurs ont commencé à l'utiliser pour innover dans un éventail diversifié de secteurs. La fabrication additive commence donc à donner lieu à des changements dans l'industrie, ce qui provoque l'émergence de certaines entreprises et la disparition d'autres pourtant bien établies, mais en stagnation. Pour survivre à ces bouleversements et adopter cette nouvelle technologie, les entreprises doivent avoir une perspective stratégique qui permettra d'en tirer des bénéfices et de prospérer sur une période de 10 à 20 ans. La question est de savoir combien d'entreprises exactement sont prêtes à ce changement.

L'impression tridimensionnelle est d'ores et déjà utilisée dans de nombreux secteurs comme ceux de l'automobile, de la fabrication, de l'aviation et des dispositifs médicaux. Les capacités des imprimantes 3D augmentent de manière exponentielle année après année et déjà, elles utilisent une gamme très diversifiée de matériaux dont l'uréthane, certains métaux, des tissus humains et même des produits alimentaires, pour n'en nommer que quelques-uns. La figure 3 ci-dessous illustre les débouchés mondiaux de l'impression tridimensionnelle dans de nombreux secteurs.

Figure 3 – Débouchés mondiaux de l'impression tridimensionnelle (Source : Forbes²)

		Utilisateur cible		
		Consommateurs	Petites et moyennes entreprises	Grandes sociétés
État d'avancement des imprimantes	R&D additionnelle requise		<ul style="list-style-type: none"> Remplacement d'organes, 30 G\$ 	<ul style="list-style-type: none"> Meubles, 20 G\$ Électronique grand public, 289 G\$
	Utilisation commerciale imminente	<ul style="list-style-type: none"> Aliments préparés, É.-U., 23 G\$ 	<ul style="list-style-type: none"> Bicyclettes, 6 G\$ Armes et munitions, 11 G\$ Vêtements en général, 1 T\$ 	<ul style="list-style-type: none"> R&D en sciences de la vie, 148 G\$ Construction et rénovation domiciliaires, 678 G\$ Outils électriques, 22 G\$
	En utilisation	<ul style="list-style-type: none"> Artisanat et loisirs, 30 G\$ Animation et jeux, 122 G\$ 	<ul style="list-style-type: none"> Prothèses médicales, 17,5 G\$ Quincaillerie de détail, 22 G\$ Jouets, 80 G\$ Magasins de pièces d'automobile aux É.-U., 40 G\$ 	<ul style="list-style-type: none"> IR&D industrielle (pour prototypage), 23 G\$ R&D en aérospatiale et pour la défense, 9 G\$

Outre ces quelques exemples, l'impression tridimensionnelle est aussi utilisée dans le secteur de l'aérospatiale pour créer des produits destinés à l'exploration spatiale. La NASA imprime en effet des pièces pour les moteurs de fusée J-2X et RS-25 qui seront installés sur le nouveau lanceur spatial (SLS) dont l'entrée en fonction est prévue pour 2017. L'impression tridimensionnelle a aussi été adoptée d'emblée par le secteur des sciences de la vie. 3D Systems: Bespoke Products,

une société qui fabrique des prothèses tridimensionnelles imprimées, imprime les pièces personnalisées de ses prothèses afin qu'elles s'adaptent parfaitement aux besoins très précis de chaque utilisateur. Des laboratoires de recherche médicale procèdent aussi actuellement à des expériences d'impression d'organes et de tissus humains. À ce jour, les découvertes scientifiques ont permis l'éclosion de ces innovations même si celles-ci n'ont pas encore été commercialisées.

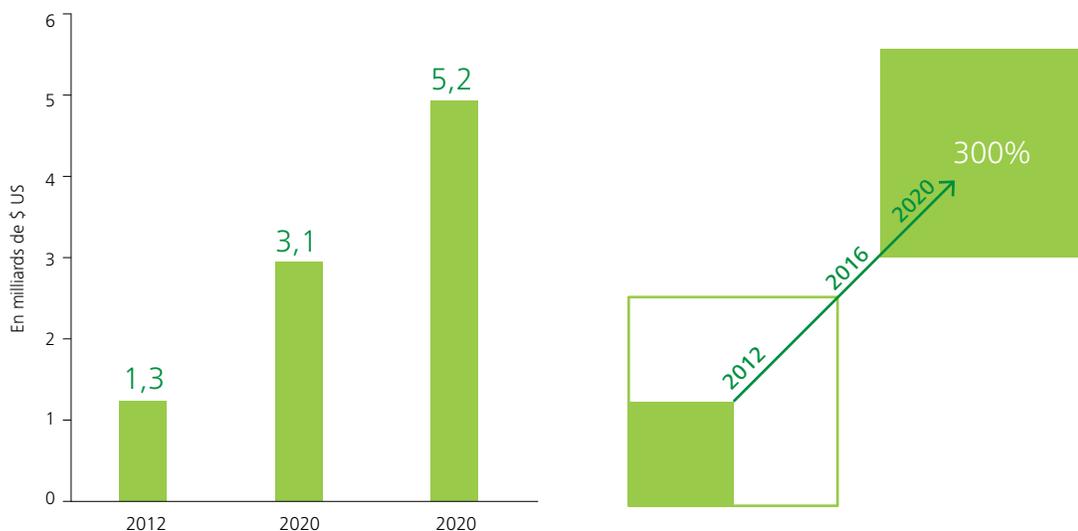
Croissance de l'industrie

Depuis le milieu des années 1980, l'impression tridimensionnelle connaît une évolution fulgurante. Comme le souligne la Consumer Electronics Association, « les ventes d'imprimantes 3D atteindront une valeur de près de 5 milliards de dollars en 2017, par rapport à 1,7 milliard de dollars en 2011, car la demande augmente dans tous les créneaux, des applications grand public aux applications spécialisées destinées à certains marchés comme l'automobile, l'aérospatiale, les produits industriels et la santé³ ».

Comme le démontre la figure 4 ci-dessous, le secteur de l'impression tridimensionnelle devrait afficher une croissance de 300 % de 2012 à 2020. Comme l'indique le site Web On 3D Printing : « L'impression tridimensionnelle transformera

pratiquement tous les secteurs où elle sera utilisée, provoquant une rupture radicale avec les procédés de fabrication traditionnels. Les prévisionnistes estiment que la valeur de cette industrie est sur le point d'exploser⁴ ».

Figure 4 – Croissance de l'impression tridimensionnelle : 2012 à 2020 (Source : On 3D Printing⁴)



Adopter l'impression tridimensionnelle : un nouveau vecteur d'innovation

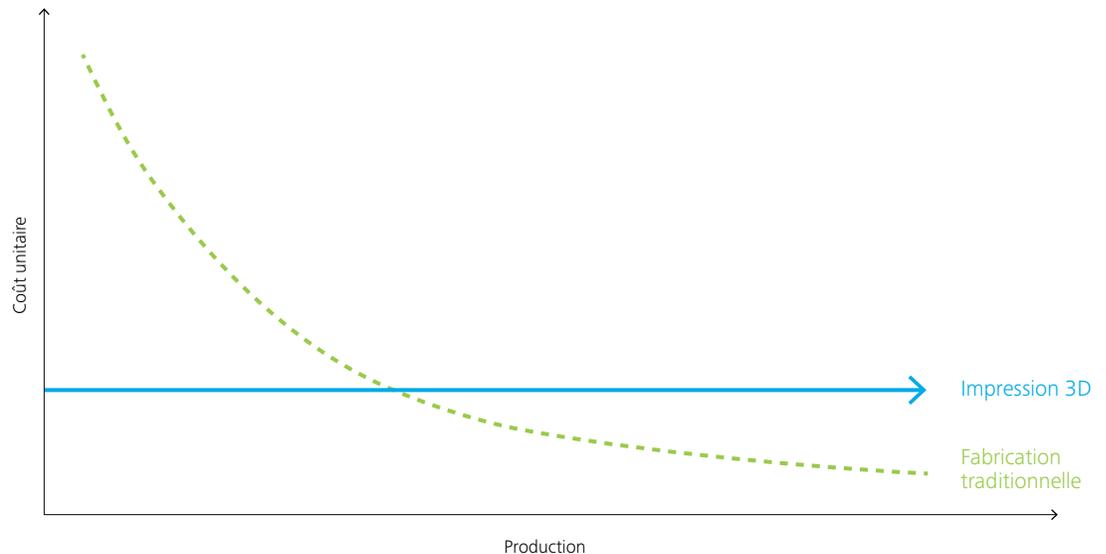
Avantages et difficultés des méthodes de fabrication traditionnelles

Lorsque de nouvelles technologies émergent, le déclin des secteurs touchés n'est jamais rapide ni immédiat.

Le secteur manufacturier nord-américain se heurte depuis de nombreuses années à une concurrence mondiale de plus en plus intense, ce qui a fait péricliter sa croissance. Les États-Unis, qui ont déjà été le plus grand centre manufacturier du monde, comptent aujourd'hui beaucoup moins de sociétés manufacturières. L'ironie de cette situation est que sans innovation, il ne peut y avoir de croissance économique, et que sans capacité de fabrication s'appuyant sur des technologies de pointe, il ne peut y avoir d'innovation. Voilà pourquoi il est essentiel pour les sociétés du secteur manufacturier et de nombreux autres secteurs de se doter de capacités d'impression tridimensionnelle, car elles pourront ainsi innover de façon constante.

Les méthodes de fabrication traditionnelles conservent pourtant une place importante dans le monde des affaires. Lorsque le développement d'un produit est terminé, il est difficile pour les imprimantes 3D de générer les économies d'échelle qu'offrent les procédés traditionnels de fabrication. La figure 5 ci-dessous compare les coûts de production de biens par les méthodes traditionnelles de fabrication et par l'impression tridimensionnelle. Le principal avantage de l'impression tridimensionnelle est sa capacité de fabriquer un petit nombre d'objets à un coût inférieur à celui des procédés de fabrication traditionnels, qui deviennent habituellement rentables uniquement lorsque les volumes d'objets fabriqués sont élevés, ce qui réduit le coût unitaire. Lorsque les économies d'échelle entrent en jeu, les procédés traditionnels de fabrication demeurent généralement plus avantageux.

Figure 5 – Volumes de production et coûts : fabrication traditionnelle et impression tridimensionnelle



Avantages et difficultés de l'impression tridimensionnelle

Même si l'impression tridimensionnelle présente de nombreux avantages, elle comporte aussi son lot de difficultés associées à sa haute teneur technologique par rapport aux méthodes de fabrication traditionnelles.

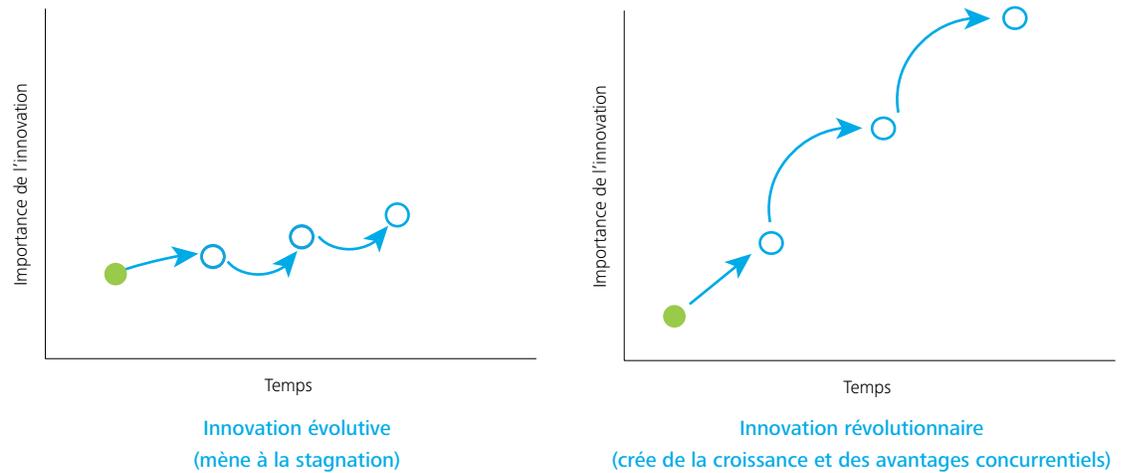
Ces avantages et ces difficultés tiennent aux utilisations et aux applications de l'impression tridimensionnelle pour les consommateurs et les entreprises de nombreux secteurs.

Parmi ces utilisations et applications, mentionnons le prototypage rapide, la fabrication rapide, la personnalisation de masse des produits et la production en série, entre autres.

	Avantages de l'impression 3D	Difficultés de l'impression 3D
Prototypage rapide	<ul style="list-style-type: none"> Des articles uniques peuvent être produits à peu de frais sans qu'il soit nécessaire d'engager les coûts importants liés au moulage et à l'usinage, comme dans la fabrication traditionnelle. 	<ul style="list-style-type: none"> Les imprimantes tridimensionnelles bas de gamme produisent des biens souvent de qualité inférieure à ceux produits par les méthodes traditionnelle.
Diminution des délais d'approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> Les délais d'approvisionnement peuvent être abrégés grâce à la capacité de commencer la production relativement rapidement. 	<ul style="list-style-type: none"> s.o.
Rapidité de l'innovation	<ul style="list-style-type: none"> Les innovations peuvent être créées et révisées rapidement, car l'impression tridimensionnelle est un processus itératif. 	<ul style="list-style-type: none"> s.o.
Rapidité de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> Le processus de livraison juste-à-temps peut être facilement mis sur pied et géré. 	<ul style="list-style-type: none"> Selon le type d'imprimante, la production de volumes importants d'articles peut exiger du temps.
Diminution des coûts indirects	<ul style="list-style-type: none"> Les coûts indirects liés à la gestion et à l'entreposage des stocks sont réduits, car les articles peuvent être imprimés selon les besoins. Les méthodes de fabrication traditionnelles exigent habituellement la production et l'entreposage de stocks plus importants. 	<ul style="list-style-type: none"> s.o.
Personnalisation de masse	<ul style="list-style-type: none"> Les produits peuvent être personnalisés pour convenir à un usage unique ou être créés en petites quantités de manière économique (voir à l'annexe A un exemple de modèle d'affaires fondé sur ce concept). 	<ul style="list-style-type: none"> Le nombre de matériaux qui peuvent servir à l'impression tridimensionnelle à des fins commerciales est limité.
Production en série	<ul style="list-style-type: none"> Des produits uniques qui ne peuvent être fabriqués au moyen des méthodes de fabrication traditionnelles peuvent être produits par des méthodes de production en série. 	<ul style="list-style-type: none"> Les méthodes traditionnelles permettent la fabrication de produits énormes, comme les tuyaux qui servent à la construction de pipelines pour le transport des ressources naturelles, ce que la plupart des imprimantes 3D ne peuvent pas faire.
Utilisation de matériaux uniques	<ul style="list-style-type: none"> Certains matériaux, comme les tissus humains, peuvent être imprimés au moyen d'imprimantes tridimensionnelles. 	<ul style="list-style-type: none"> s.o.
Économies d'échelle	<ul style="list-style-type: none"> s.o. 	<ul style="list-style-type: none"> Les coûts de production de quantités importantes de certains produits au moyen d'imprimantes tridimensionnelles peuvent être élevés.

La figure 6 ci-dessous illustre la nature changeante de l'innovation selon qu'elle s'applique aux méthodes traditionnelles de fabrication ou à l'impression tridimensionnelle. Les méthodes traditionnelles de fabrication, plus particulièrement, donnent souvent lieu à une innovation évolutive tandis que l'impression tridimensionnelle, de son côté, possède un potentiel d'innovation révolutionnaire.

Figure 6 – Innovation par la fabrication traditionnelle et innovation par l'impression tridimensionnelle



L'innovation évolutive est progressive et fréquente. Elle survient lorsqu'un nouveau produit, service ou procédé ou encore une nouvelle expérience sont créés pour améliorer les attributs de différents produits déjà offerts sur le marché. Les innovations évolutives donnent lieu à la création et au développement commercial de nouveaux attributs là où les clients s'y attendent en général.

L'innovation révolutionnaire est radicale et plus rare. Elle survient lorsqu'un nouveau produit, service ou processus, ou une nouvelle expérience, jaillissent de manière inattendue sur le marché. L'innovation révolutionnaire a habituellement peu d'incidence sur les marchés existants, puisqu'elle occupe habituellement un marché complètement nouveau.

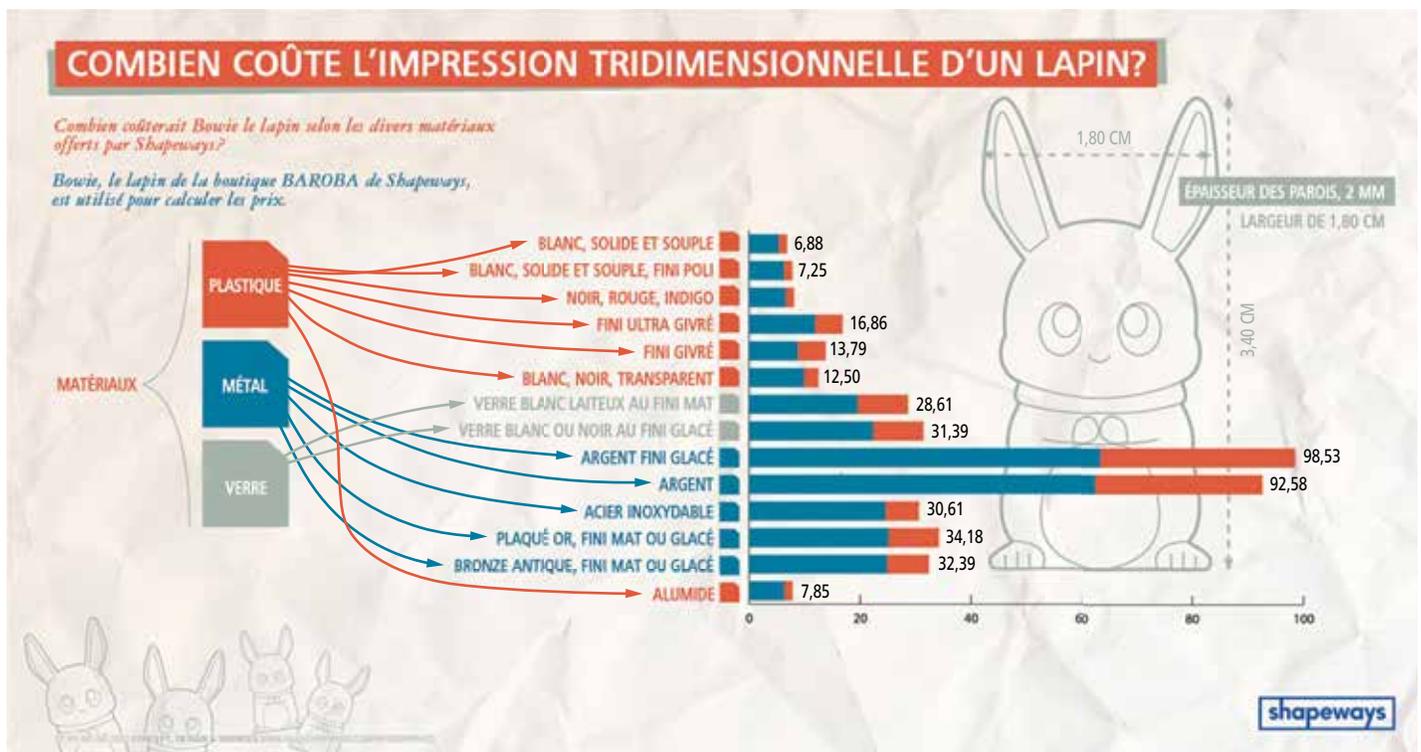
Coûts de production par impression tridimensionnelle

La production de volumes importants de biens par impression tridimensionnelle n'est pas toujours économique.

En revanche, selon les matériaux utilisés pour imprimer un objet, l'impression tridimensionnelle peut être économique lorsqu'il s'agit de produire de petites quantités de produits et qu'il n'est pas nécessaire de réaliser des économies d'échelle.

Par exemple, la figure 7 illustre les coûts de production d'un lapin-jouet par impression tridimensionnelle selon les matériaux utilisés.

Figure 7 – Coût de fabrication d'un lapin-jouet au moyen d'une imprimante tridimensionnelle (Source : Shapeways®)



Rupture imprévue : un cas d'innovation rapide

Chris Anderson, ancien rédacteur en chef de la revue Wired, est l'exemple parfait du consommateur qui a adopté l'impression tridimensionnelle pour innover.

Depuis 2009, Anderson se livre à des expériences d'impression tridimensionnelle dans le but de produire des véhicules aériens sans pilote (UAV: unmanned aerial vehicles). Grâce à ses innovations constantes, la popularité de ses produits n'a cessé d'augmenter auprès des enthousiastes des UAV, au point où, en 2012, il a quitté son emploi à Wired pour travailler à temps plein dans l'entreprise qu'il a fondée, 3D Robotics. Financée au démarrage par du capital de risque, l'entreprise vaut aujourd'hui plusieurs millions de dollars et connaît une croissance importante année après année.

3D Robotics compte en effet déjà un effectif de plus de 70 employés répartis dans trois bureaux à San Diego (ingénierie), à Berkeley (affaires et ventes) et à Tijuana (fabrication). Elle est le visage commercial de la communauté DIY Drones et le partenaire exclusif de l'équipe de chercheurs de Pixhawk UAV du très réputé Institut fédéral suisse de technologie à Zurich⁵, dont elle fabrique les prototypes.

Cet exemple est remarquable qu'il illustre la capacité de rupture de l'impression tridimensionnelle, puisque le développement de produits sur le marché des UAV aurait traditionnellement été l'affaire de plus grandes entreprises. Les Boeing et Standard Aero de ce monde, voire la NASA, sont au nombre des organisations qui viennent immédiatement à l'esprit en tant qu'acteurs possibles dans le secteur des UAV. Pourtant, c'est une petite entreprise en démarrage installée au domicile de Chris Anderson qui a lancé sur le marché ces innovations que sont les UAV grâce à la technologie de l'impression tridimensionnelle.

Il va sans dire que le cas de Chris Anderson n'est qu'un exemple parmi tant d'autres. Plus l'impression tridimensionnelle deviendra populaire auprès des consommateurs et dans les entreprises commerciales, plus le nombre de secteurs d'activité exposés à des ruptures éventuellement radicales et imprévues augmentera.

Plus l'impression tridimensionnelle deviendra populaire auprès des consommateurs et dans les entreprises commerciales, plus le nombre de secteurs d'activité exposés à des ruptures éventuellement radicales et imprévues augmentera.

Lancement d'une initiative d'impression tridimensionnelle : création de valeur par l'innovation

Adoption d'une démarche structurée d'impression tridimensionnelle

Pour tirer le meilleur parti possible de ces possibilités émergentes d'innovation, les entreprises doivent se doter d'une démarche structurée bien réfléchie.

L'impression tridimensionnelle demeure encore complètement inconnue pour de nombreuses entreprises. Il peut donc être difficile pour elles de réunir tous les ingrédients nécessaires au succès d'un tel programme : stratégie et capacité

d'exploitation, capital humain, technologie et conseils financiers. Pour éviter les faux pas, il importe d'encadrer de manière réfléchie les activités d'impression tridimensionnelle. Voici un exemple de démarche structurée en cinq étapes :

Impression tridimensionnelle : démarche stratégique structurée



Création de l'initiative

- Quels sont les effets directs que pourrait avoir l'impression tridimensionnelle sur notre entreprise ou sur notre secteur d'activité?
- Quelles seront les retombées d'un éventuel bouleversement technologique dans notre secteur?
- Quelle utilisation pourrions-nous faire de l'impression tridimensionnelle au sein de notre organisation?



Investissement dans la technologie

- De quelle technologie (matériel et logiciels) avons-nous besoin pour lancer une initiative d'impression tridimensionnelle?
- Quel montant devrions-nous consacrer à l'acquisition de cette technologie, étant donné notre taille et nos capacités?
- Où pouvons-nous obtenir cette technologie?



Création d'un réseau

- Quels partenariats clés devrions-nous créer pour assurer le succès de notre projet d'impression tridimensionnelle?
- Existe-t-il des programmes publics de subventions ou d'autres avantages auxquels nous pourrions avoir accès?
- Qui sont les principaux acteurs du secteur de l'impression tridimensionnelle?
- Devrions-nous modifier l'un ou l'autre de nos contrôles de gouvernance pour mieux protéger notre propriété intellectuelle?



Changement de structure

- Quels partenariats clés devrions-nous créer pour assurer le succès de notre projet d'impression tridimensionnelle?
- Existe-t-il des programmes publics de subventions ou d'autres avantages auxquels nous pourrions avoir accès?
- Qui sont les principaux acteurs du secteur de l'impression tridimensionnelle?
- Devrions-nous modifier l'un ou l'autre de nos contrôles de gouvernance pour mieux protéger notre propriété intellectuelle?



Mise en œuvre de l'innovation

- Comment commercialiserons-nous les innovations issues de l'impression tridimensionnelle?
- Si nous devons accroître la production, devrions-nous continuer d'utiliser l'impression tridimensionnelle ou recourir plutôt aux méthodes traditionnelles de fabrication?
- Les nouveaux produits novateurs créés sont-ils destinés à un marché existant ou ouvriront-ils un marché nouveau?
- Comment ces produits s'intègrent-ils à notre gamme existante?
- Quel est le marché cible et comment lui présenterons-nous ce produit?

Retombées à venir de l'impression tridimensionnelle : perspectives de l'industrie

Perspectives de l'industrie

L'impression tridimensionnelle pourrait avoir d'ici 20 ans des retombées plus importantes sur le monde que l'effet combiné de toutes les innovations issues de la révolution industrielle.

L'impression tridimensionnelle s'est développée considérablement au cours des 30 dernières années, au point où il est maintenant possible pour des particuliers comme des entreprises de construire rapidement des prototypes, voire des articles uniques, en générant des bénéfices. De plus en plus petites et portables, les imprimantes 3D sont sur le point de déclencher une nouvelle révolution industrielle. Leur coût a aussi fortement diminué ces dernières années, ce qui met cette technologie à la portée de nombreux secteurs d'activité. Le prix de certaines imprimantes commerciales, qui s'est déjà situé entre 10 000 \$ et 20 000 \$, va aujourd'hui de 2 000 \$ à 5 000 \$. Cette baisse des prix fait des imprimantes 3D haut de gamme des produits de consommation de masse qui pourront être utilisés par un peu tout le monde pour créer des articles uniques à domicile. En fait, certains consommateurs arrivent même à créer des innovations sans avoir le soutien financier, technologique ou humain dont disposent les grandes organisations.

Les applications possibles de l'impression tridimensionnelle pour l'avenir sont innombrables et vont des soins de santé à la construction, et au-delà. Dans le secteur des soins de santé, par exemple, l'impression tridimensionnelle présente un potentiel de rupture vraiment impressionnant, surtout que les coûts ne cessent d'augmenter dans ce secteur et que les ressources affectées aux greffes d'organes demeurent rares. Lorsque la bioimpression, c'est-à-dire l'impression en trois dimensions d'organes et de tissus humains, sera commercialement viable, les patients auront accès à des organes uniques « imprimés » dont la taille et la structure organique correspondront parfaitement à leurs besoins. En réduisant les périodes d'attente pour une chirurgie et les coûts des soins de santé, ces innovations auront un effet important sur l'économie des pays développés autant que sur celle des économies émergentes.

Pour profiter des applications et des possibilités de l'impression tridimensionnelle, les entreprises de presque tous les secteurs doivent agir rapidement, faire preuve de souplesse et bien comprendre les retombées que l'impression tridimensionnelle pourrait avoir sur leurs activités. Autrement, elles s'exposeront à des pertes de parts de marché imputables à la concurrence accrue que leur livreront les nouvelles entreprises créatrices d'innovations de rupture qui métamorphoseront les marchés. Et la concurrence ne viendra pas que de ces entreprises. Plus le nombre de consommateurs capables de concevoir et de produire leurs propres biens augmentera et plus l'impression tridimensionnelle deviendra un moyen efficace de produire des biens, plus les possibilités augmenteront pour les particuliers d'innover, de provoquer des ruptures dans certains secteurs et de créer éventuellement de nouvelles sources de richesse. Tant que la technologie sera accessible, de nouvelles entreprises continueront d'émerger.

Même si les méthodes traditionnelles de fabrication conserveront une certaine importance dans le paysage concurrentiel au cours des années à venir, l'impression tridimensionnelle risque de provoquer d'ici 10 à 20 ans une forte augmentation du nombre d'innovations. Pour tirer pleinement profit des débouchés qu'offre cette nouvelle technologie, les administrations publiques pourraient choisir de rendre l'impression tridimensionnelle accessible au plus grand nombre en la mettant gratuitement à la disposition du public dans certains établissements comme les écoles et les bibliothèques. Pour sa part, le secteur privé s'efforcera sûrement de faire de cette technologie une plate-forme pour la création de nouvelles entreprises, de nouveaux modèles d'affaires et de produits et services qui feront progresser la société en stimulant la création de nouvelles sources de richesse mondiale.

Les applications possibles de l'impression tridimensionnelle pour l'avenir sont innombrables et vont des soins de santé à la construction, et au-delà.

Annexe A – Étude de cas : dentisterie numérique

Invisalign : un nouveau modèle d'affaires inspiré de l'impression tridimensionnelle

En 2012, Invisalign a généré un chiffre d'affaires mondial de plus de 500 M\$ grâce à un seul produit créé au moyen d'une imprimante 3D.

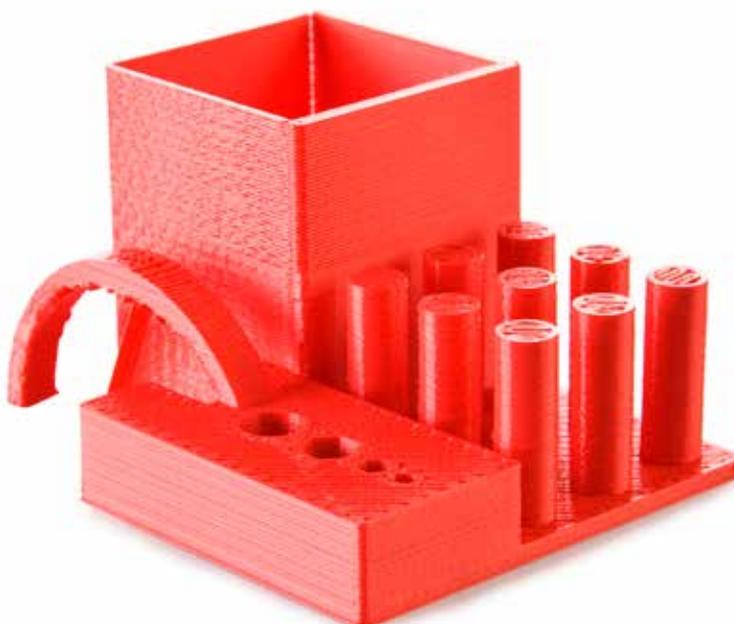
La société 3D Systems était déjà le chef de file de la fabrication rapide de pièces destinées aux utilisateurs finaux lorsqu'elle a été approchée par une entreprise en démarrage riche d'une idée prometteuse : miser sur les numériseurs et l'impression tridimensionnelle pour révolutionner les soins orthodontiques destinés aux adultes et aux adolescents. Cette entreprise était convaincue qu'il était possible d'utiliser en orthodontie les technologies numériques les plus récentes afin d'éliminer les fils et broches de métal ou de céramique actuellement utilisés qui nuisent considérablement à l'apparence d'une personne et lui causent de l'inconfort, en plus de faire disparaître les autres restrictions liées au port d'arcs dentaires.

Fondée en 1997, Align Technology a reçu en 1998 l'autorisation de la FDA de commercialiser son invention, Invisalign System^{MC}. 3D Systems a collaboré étroitement

avec Align à toutes les étapes du développement de sa solution personnalisée, installant et assurant l'entretien d'une batterie d'imprimantes 3D à SLA et en fournissant les matériaux consommables nécessaires.

Aujourd'hui, dans un établissement qui ressemble à une usine, la technologie de 3D Systems produit de 50 000 à 60 000 unités par jour, ce qui fait de la société Invisalign System^{MC} le chef de file du marché, en plus de changer la perception qu'ont les gens des traitements orthodontiques. Align Technology est l'une des premières sociétés à avoir adopté l'impression tridimensionnelle pour la personnalisation de masse de produits, et elle continue de miser sur ce concept en étendant sa portée et en aidant tant les dentistes que leurs patients à retrouver des raisons de sourire à pleines dents.

Source : Digital Dentistry⁷



Annexe B – Sources

Notes de fin de texte

1. **Timeline of 3D printing (en anglais seulement)**
http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf
2. **How HP Could Reinvent 3D Printing...and Itself (en anglais seulement)**
<http://www.forbes.com/sites/stevefaktor/2012/10/15/how-hp-could-reinvent-3d-printing-and-itself/>
3. **Sales of 3D Printers to Reach \$5 Billion by 2017 (en anglais seulement)**
<http://wirthconsulting.org/2012/10/16/sales-of-3d-printers-to-reach-5-billion-by-2017/>
4. **3D Printing Growth (en anglais seulement)**
<http://on3dprinting.com/2012/11/01/3d-printing-industry-growth-forbes-incorrectly-says-52b-by-2020/>
5. **DIY Drones**
<http://diydrones.com/profiles/blogs/3d-printed-uav-models>
6. **What does a 3D printed bunny cost? (en anglais seulement)**
www.shapeways.com
7. **Dentisterie numérique**
<http://production3dprinters.com/digital-dentistry>

Bibliographie

1. **The Top Ten Fastest-Growing Industries in America (en anglais seulement)**
<http://business.time.com/2012/04/19/the-top-ten-fastest-growing-industries-in-america/slide/3d-printer-manufacturing/>
2. **3D Printing is here – but the factory in every home isn't here yet! (en anglais seulement)**
http://www.deloitte.com/view/en_GX/global/industries/technology-media-telecommunications/tmt-predictions-2012/technology/ab173e14447a4310VgnVCM1000001a56f00aRCRD.htm
3. **NASA Plans for 3-D Printing Rocket Engine Parts Could Boost Larger Manufacturing Trend (en anglais seulement)**
<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=nasa-3-d-printing-sls-rocket-engine>
4. **Mobile Apps Offer 3-D Printing Via the Cloud (en anglais seulement)**
<http://blogs.scientificamerican.com/observations/2012/04/29/mobile-apps-offer-3-d-printing-via-the-cloud-video/>
5. **Stratasys**
<http://www.stratasys.com/>
6. **Prédictions TMT 2012**
http://insights.deloitte.ca/wp-content/uploads/2012/01/FINAL-Global-TMT-Predictions-2012-16264A_UL-Lo.pdf
7. **Conférences TED : Anthony Atala: Printing a human kidney (en anglais seulement)**
http://www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney.html
8. **Lisa Harouni: A primer on 3D printing (en anglais seulement)**
http://www.ted.com/talks/lisa_harouni_a_primer_on_3d_printing.html
9. **United Kingdom: Deloitte Monday Briefing: Print Me A Bond Car (en anglais seulement)**
<http://www.mondaq.com/x/207176/Economic+Analysis/Deloitte+Monday+Briefing+Print+Me+A+Bond+Car>
10. **3D-printed consumer electronics just became a reality (en anglais seulement)**
<http://www.extremetech.com/extreme/141669-3d-printed-consumer-electronics-just-became-a-reality>
11. **The New Maker Rules: Big forces are reshaping the world of manufacturing (en anglais seulement)**
<http://www.economist.com/news/business/21567127-big-forces-are-reshaping-world-manufacturing-new-maker-rules>

12. **Carbomorph material enables 3D printed electronics, from any 3D printer** (en anglais seulement)
http://www.core77.com/blog/materials/carbomorph_material_enables_3d-printed_electronics_from_any_3d_printer_23947.asp
13. **Liver troubles? Soon you might just print off a new one** (en anglais seulement)
<http://now.msn.com/liver-troubles-soon-you-might-just-print-off-a-new-one>
14. **Dutch Architecture Firm Unveils Large Scale, Mobile 3D Printer to Print Architecture** (en anglais seulement)
<http://blogs.artinfo.com/objectlessons/2012/09/17/dutch-architecture-firm-unveils-large-scale-mobile-3d-printer-to-print-architecture-on-demand/>
15. **You don't bring a 3D printer to a gun fight – yet** (en anglais seulement)
http://news.cnet.com/8301-11386_3-57499326-76/you-dont-bring-a-3d-printer-to-a-gun-fight-yet/?part=pulse&subj=latest-news&tag=title&utm_medium=referral&utm_source=pulsenews
16. **Bre Pettis on The Disruptive Future of 3D Printing** (en anglais seulement)
<http://bigthink.com/amped/bre-pettis-on-the-disruptive-future-of-3d-printing>
17. **« 3D Printing: This Century's most disruptive innovation? » David F. Flanders, TEDxHamburg** (en anglais seulement)
http://www.youtube.com/watch?v=ChKwLUhx_jc
18. **3D Printing Is Disruptive Technology With Political Ramifications** (en anglais seulement)
<http://ivn.us/2012/08/10/3d-printing-is-disruptive-technology-with-political-ramifications/>
19. **Key Issues : 3D Printing: Bits to Atoms** (en anglais seulement)
<http://publicknowledge.org/issues/3d-printing>
20. **It Will Be Awesome if They Don't Screw it Up: 3D Printing** (en anglais seulement)
<http://publicknowledge.org/it-will-be-awesome-if-they-dont-screw-it-up>
21. **Atoms are the New Bits** (en anglais seulement)
<http://www.wired.com/video/atoms-are-the-new-bits/63270385001>
22. **The 3D Printer Revolution** (en anglais seulement)
<http://www.wired.com/video/chris-anderson-the-3d-printer-revolution/1854142620001>
23. **3D Printing Will Be Bigger Than the Web** (en anglais seulement)
<http://on3dprinting.com/2012/11/18/chris-anderson-3d-printing-will-be-bigger-than-the-web/>
24. **Staples Announces In-Store 3-DPrinting Service** (en anglais seulement)
<http://www.wired.com/design/2012/11/staples-goes-3-d/>
25. **New Industry Report on Additive Manufacturing and 3D Printing Unveiled** (en anglais seulement)
<http://wohlersassociates.com/press54.htm>
26. **Makerspace**
<http://makerspace.com/>
27. **What's The Big Idea? Pentagon Agency Backs Student Tinkerers To Find Out** (en anglais seulement)
<http://www.npr.org/blogs/alltechconsidered/2012/11/19/165033117/whats-the-big-idea-pentagon-agency-backs-student-tinkerers-to-find-out>
28. **Look Ma, I Made It Myself! 10 Amazing Things 3-D Printers Can Do Now** (en anglais seulement)
http://www.wired.com/design/2012/04/10-things-3d-printers-can-do-now/?utm_source=Contextly&utm_medium=RelatedLinks&utm_campaign=Previous&pid=172&vi_ewall=true
29. **3D printed organs aid surgeons** (en anglais seulement)
<http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/5575/3D-Printed-Organs-Aid-Surgeons.aspx>
30. **Additive Manufacturing Market (2012 – 2017)** (en anglais seulement)
<http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/additive-manufacturing-medical-devices-market-843.html>

www.deloitte.ca

Deloitte, l'un des cabinets de services professionnels les plus importants au Canada, offre des services dans les domaines de la certification, de la fiscalité, de la consultation et des conseils financiers. Deloitte LLP, société à responsabilité limitée constituée en vertu des lois de l'Ontario, est le cabinet membre canadien de Deloitte Touche Tohmatsu Limited. Au Québec, Deloitte exerce ses activités sous l'appellation Deloitte s.e.n.c.r.l., une société à responsabilité limitée constituée en vertu des lois du Québec.

Deloitte désigne une ou plusieurs entités parmi Deloitte Touche Tohmatsu Limited, société fermée à responsabilité limitée par garanties du Royaume-Uni, ainsi que son réseau de cabinets membres dont chacun constitue une entité juridique distincte et indépendante. Pour obtenir une description détaillée de la structure juridique de Deloitte Touche Tohmatsu Limited et de ses sociétés membres, voir www.deloitte.com/ca/apropos.

© Deloitte s.e.n.c.r.l. et ses sociétés affiliées.

Conçu et produit par le Service de conception graphique de Deloitte, Canada. 13-3516