Petit guide de l'impression 3D à l'école

MARC-ANDRÉ GIRARD *

Cet article vise à dresser un portrait technique de l'impression 3D et des possibilités actuelles en milieu scolaire. Pour sa réalisation, l'auteur a testé cinq modèles différents et s'est familiarisé avec la technique, ce qui lui permet de dévoiler quelques conseils importants.

MOTS-CLÉS

machine, procédé, prototypage

Le potentiel pédagogique des imprimantes 3D est immense. Bien que la technologie existe depuis le début des années 1970, le marché s'est grandement démocratisé depuis quelques années grâce, notamment, à l'expiration de plusieurs brevets sur les technologies employées à l'époque. Aujourd'hui, ces outils sont relativement abordables et, si la tendance se maintient, ils deviendront encore plus accessibles dans les prochaines années.

Des observateurs estiment que l'impression 3D envahira la technosphère pour la révolutionner et changer à jamais le rapport que l'humain entretient avec l'objet. L'impression 3D sera-t-elle le nouvel Internet ? Envahira-t-elle chaque foyer ? Révolutionnera-t-elle l'aide aux pays en voie de développement ? Deviendra-t-elle un outil incontournable dans les établissements d'enseignement ?

Le potentiel pédagogique de l'impression 3D

Déjà, les applications médicales de l'impression 3D sont infinies. De l'impression de moules pour fabriquer des écouteurs intra-auriculaires jusqu'à la fabrication de prothèses pour remplacer des membres humains, elle s'est rapidement retrouvée au cœur de plusieurs espoirs d'amélioration de la qualité de vie humaine. Des entreprises du domaine de la santé s'évertuent d'ailleurs à tenter d'imprimer des tissus humains. La compagnie L'Oréal annonçait récemment qu'elle testerait ses produits sur de la peau humaine imprimée en 3D. Une société d'impression de tissus humains en 3D, Organovo (voir « En ligne »), a déjà débuté la commercialisation de tissus hépatiques pour qu'ils soient soumis à des études toxicologiques. Sous peu, elle entamera la commercialisation de tissus néphrologiques, toujours destinés à des études médicales.

Les autres domaines de la santé s'y engouffrent. Autant en orthopédie qu'en dentisterie ou même en chirurgie, les espoirs sont grands : instruments, implants, modélisation, prototypes, etc.

L'éducation n'y échappera pas !

Alors que plusieurs estiment que l'impression 3D joue un rôle important dans ce qu'ils qualifient de révolution médicale, la question que nous nous posons est la suivante : quelles sont les potentialités pédagogiques des imprimantes 3D ?

À l'origine, l'intégration des imprimantes 3D relève du modèle pédagogique STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Les applications étaient principalement liées aux sciences et aux mathématiques : utilisation de formules géométriques pour mieux visualiser des formes complexes, fabrication de pièces de robotique ou impression de modèles liés à la compréhension du fonctionnement du corps humain…

Le modèle STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) a rapidement bonifié le modèle STEM. Désormais, les applications artistiques ont rapidement émergé : elles permettent de créer des modèles de différentes œuvres de toutes sortes, en plus, bien évidemment, d'être moteur de créativité pour les élèves. Nous y reviendrons.

Enfin, les sciences humaines ne sont pas en reste. En géographie, il est devenu aisé d'imprimer des reliefs afin de modéliser, par exemple, les bassins hydrographiques ou encore de conceptualiser l'aménagement d'un quartier d'une ville. En histoire, il est très simple de reproduire divers outils utilisés dans des techniques ancestrales, en plus de bâtir des monuments en fonction de diverses caractéristiques architecturales allant des maisons de terre des Vikings jusqu'aux grandes cathédrales européennes.

Impression 3D à l'école : par où commencer ?

Au Québec, de plus en plus d'écoles favorisent l'émergence de l'entrepreneuriat chez les élèves. Ces derniers peuvent fabriquer leurs propres objets qu'ils comptent mettre en vente.

* Directeur du collège Beaubois à Pierrefonds, Québec (www.collegebeaubois.qc.ca). Article actualisé, initialement réalisé conjointement par Carrefour éducation (http://carrefour-education.qc.ca) et l'École branchée (www.ecolebranchee.com).

Désormais, seule leur imagination est la limite : ils peuvent fabriquer des boutons de remplacement pour un vêtement, un porte-savon, des outils, des montures de lunettes, des bijoux, des étuis protecteurs, etc. Des entreprises éducatives comme les Jeunes entreprises du Québec (voir « En ligne ») donnent la chance à des élèves ou étudiants de commercialiser leurs produits en créant une petite entreprise étudiante. Les imprimantes 3D peuvent ainsi contribuer à faciliter l'émergence d'une culture d'entrepreneuriat en milieu scolaire.

Dans la même veine, au lieu de remplacer un objet dans son intégralité, pourquoi ne pas réparer ce dernier en imprimant, lorsque c'est possible, la partie brisée ? Bref, la créativité est au service de l'entrepreneuriat. On cerne nos propres besoins et ceux de notre entourage et on s'efforce d'y répondre nous-mêmes. Il en va de la redéfinition du lien que chaque humain entretient avec l'objet.

L'utilisation d'outils numériques de conception 3D augmente les possibilités artistiques. Depuis toujours, excluant les œuvres sculpturales, les élèves ont été habitués à concevoir en 2D, soit sur une feuille de papier, une toile, soit sur un support numérique. Désormais, il faut penser différemment, avec des outils différents. Par exemple, un logiciel comme SolidWorks (voir « En ligne ») est incontournable, car il gère la totalité du processus, allant de la création jusqu'à l'impression. Il permet également à l'utilisateur de créer des pièces 3D élémentaires assez facilement. C'est d'ailleurs un logiciel qui est utilisé dans plusieurs facultés de génie (écoles d'ingénieurs au Québec), permettant aux étudiants de concevoir aisément une œuvre tridimensionnelle et de la voir prendre forme.

De plus, combinées avec d'autres outils de pointe, dans un atelier de fabrication numérique ou dans un *Fab Lab*, les possibilités créatives sont décuplées. C'est le principe même des *makerspaces* (voir « En ligne »), ces ateliers de fabrication numérique appelés à prendre d'assaut les écoles dans les prochaines années.

Certains fabricants d'imprimantes proposent des activités pédagogiques sur leur site web, en plus d'un accès à leur communauté d'utilisateurs provenant très souvent du réseau scolaire. Bien évidemment, la plus grande partie du matériel pédagogique créé est disponible en anglais.

L'utilisation d'outils numériques de conception 3D augmente les possibilités artistiques

Le premier *Fab Lab* au Canada, celui de Communautique (Échofab, voir « En ligne »), offre un atelier de découverte de l'impression 3D à Montréal.

Également, il est possible de prendre contact avec d'autres entreprises qui vendent ou utilisent cette technologie, comme les sociétés Digicad ou Multistation qui donnent également des formations (voir « En ligne »), et ce, que l'on achète ou non une imprimante 3D. Bien souvent, ils offrent un service d'impression pour les besoins de fabrication ponctuels si l'on ne souhaite pas se doter d'un tel appareil.

Des établissements d'enseignement disposant déjà de ces outils peuvent également vous aider. D'ailleurs, le collège Beaubois, au Québec, offre ce genre de formation, et bien plus, depuis septembre 2016.

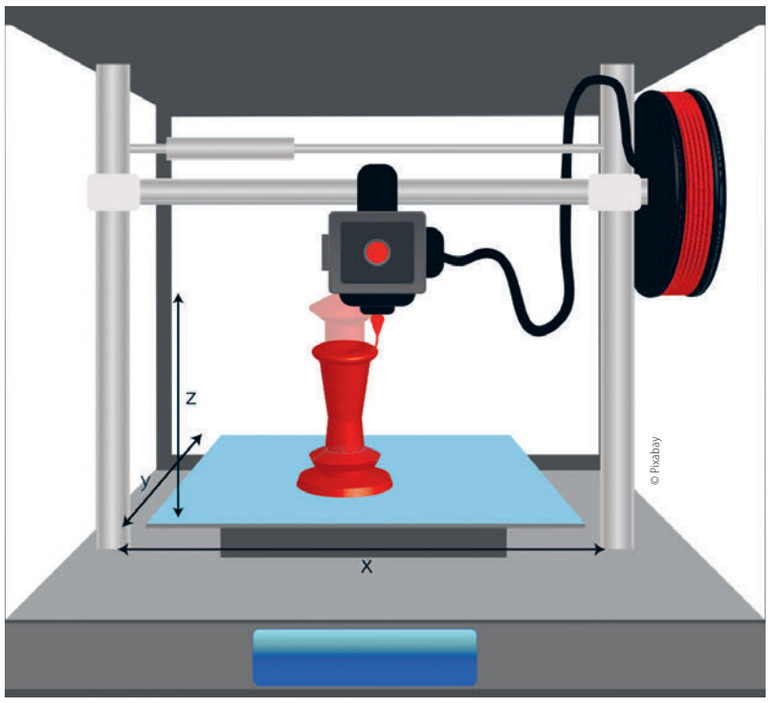
Le fonctionnement de base et les divers matériaux

Avant d'aborder la question du choix de l'imprimante 3D, il y a un critère important à considérer : le filament. C'est un peu comme se questionner sur le type de cartouche d'encre pour une imprimante conventionnelle. Et avant de considérer le filament, il faut comprendre le fonctionnement intégral de l'appareil.

Fonctionnement

Par définition, l'imprimante 3D fonctionne de façon additive, c'est-à-dire qu'elle fait fondre l'une sur l'autre de très fines couches de thermoplastique qui fusionnent pour former l'objet conçu à l'aide d'un logiciel de conception tridimensionnelle 1. Ce thermoplastique est livré, la plupart du temps, en bobines ressemblant étrangement au fil de remplacement d'un outil coupe-bordure et il est habituellement accroché derrière l'appareil, ce qui permet de prendre l'extrémité du filament et de la connecter au mécanisme d'extrusion à travers un tube. Le fil est fondu au fur et à mesure que l'imprimante fabrique un objet et la bobine se déroule. À terme, il faut évidemment la remplacer.

Ces bobines sont, en règle générale, vendues à un poids de 750 grammes de matériau, ledit fil thermoplastique qui y est enroulé présente généralement un diamètre de 1,75 mm. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, le fil est rarement vendu à la longueur !



1 Schématisation du fonctionnement d'une imprimante 3D

Les deux principaux matériaux utilisés par les imprimantes 3D en milieu scolaire sont l'ABS et le PLA (expliqués un peu plus loin). Ici, il semble important de mentionner qu'il n'existe pas de polymère idéal. Comme dans tout, il y a des avantages et des inconvénients à chacun. De plus, outre l'ABS et le PLA, plusieurs autres matériaux existent : le nylon, le ninjaflex (élastomère thermoplastique produit par la société américaine Fenner Drives, qui permet d'imprimer des objets flexibles aux propriétés élastiques) et d'autres types de polymères.

L'ABS

L'acrylonitrile butadiène styrène, mieux connu sous l'acronyme ABS, est un plastique très présent dans notre quotidien. Il ne suffit qu'à penser aux fameux blocs Lego ou à diverses pièces de plastiques dans le petit électroménager courant. Ce type de polymère est réputé pour sa solidité et c'est pour cette raison qu'il sert souvent de structure pour une pièce ou un objet. Sa température de fusion étant comprise entre 200 et 260 °C, ce qui est assez important pour un polymère, l'ABS est peu affecté par les températures élevées.

Concrètement, un objet imprimé avec un filament d'ABS ne risque pas de se déformer s'il se trouve à proximité d'un radiateur, d'un appareil électroménager, d'une lampe ou de toute autre source de chaleur domestique.

Grâce à sa solidité, il est possible de fabriquer des vis en plastique ou des pièces qui s'assemblent par emboîtement. Il est même possible de sabler légèrement la pièce.

Cependant, l'ABS a deux inconvénients majeurs. Dans un premier temps, tant qu'il n'a pas figé, il demeure fragile. C'est la raison pour laquelle l'impression est déposée sur un plateau chauffant ou, dans certains cas, réalisée dans une enceinte chauffée pour éviter les risques de déformation lors d'un changement rapide de température. Ensuite, l'ABS peut dégager une odeur de plastique fondu. Les manufacturiers n'arrivent pas à s'entendre pour savoir si une ventilation serait nécessaire ; plusieurs recherches démontrent que les toxines libérées dans l'air seraient près de cinq fois inférieures aux normes de santé publique aux États-Unis. Ceci dit, les recherches sont réalisées à des températures de fusion largement supérieures à celles employées par les imprimantes 3D à usage non commercial.

L'empreinte écologique du PLA est moindre que celle de l'ABS

Le PLA

L'acide polylactique, ou PLA, est un autre polymère utilisé dans les imprimantes 3D. Sa particularité est qu'il est biodégradable puisqu'il est habituellement fabriqué à partir de fécule de maïs ou de résidus de canne à sucre. Cela en fait un matériau particulièrement prisé puisque son empreinte écologique est moindre que celle de l'ABS. D'ailleurs, le PLA est fréquemment utilisé dans les emballages alimentaires et dans plusieurs instruments médicaux. Sa température de fusion est moindre que l'ABS. Cela signifie qu'un objet imprimé avec un filament de PLA risque de se déformer s'il se trouve à proximité d'une source de chaleur (radiateur, appareil électroménager) ou lors d'un oubli dans une voiture lors d'une canicule en été…

Il est couramment estimé que le PLA est un polymère moins solide que l'ABS. Cependant, dans le cadre d'une utilisation à des fins pédagogiques, peu de projets pourront constater les limites du polymère. Bien évidemment, le PLA étant fabriqué à partir de matériaux organiques, l'odeur qui se dégage du plastique en fusion est peu dérangeante, voire même agréable. Si elle ne passe pas carrément inaperçue, une subtile odeur de sucré est perceptible, laquelle ressemble, selon certains, à une odeur de sirop d'érable.

L'impression de la pièce en PLA se fait sur une plaque non chauffée. Il est généralement recommandé d'y placer un ruban adhésif pour augmenter l'adhérence de la pièce.

Certains choisissent de vaporiser du fixatif à cheveux pour maximiser cette adhérence. D'autres fabriquent une colle spéciale à cet effet. Pour l'avoir expérimenté, il est effectivement souhaitable d'utiliser le ruban et le fixatif pour faciliter la prise des premiers filaments imprimés sur la plaque. Aussi, une compagnie européenne a développé un fixatif dédié uniquement à l'impression 3D, le 3DLAC (voir « En ligne »).

Vous pourrez faire vos propres essais, mais voici une combinaison qui fonctionne bien : le ruban bleu 3M 2090 de 50 mm de largeur, largement distribué, et le fixatif 3DLAC. Une bonne adhérence du PLA dès le début maximise les chances de réussite de l'impression en plus d'éviter que la pièce ne tangue avec le risque qu'elle n'abîme la buse.

La bonne bobine

Le prix d'une bobine de fil PLA varie généralement entre 25 et 35 € pour 750 grammes à un diamètre de 1,75 mm. Idem pour les bobines de filament ABS, lesquelles peuvent cependant être un peu plus chères. Bien souvent, les fabricants offrent un léger rabais pour l'achat de plusieurs bobines (entre la demi-douzaine et la dizaine).

Par exemple, la compagnie néerlandaise ColorFabb (voir « En ligne ») offre du filament d'excellente qualité, dans une multitude de coloris, et ce à des prix avoisinant les 35 €. Elle offre même des filaments contenant de la poussière de bronze, recréant des œuvres d'art pouvant ressembler à s'y méprendre, une fois polies, à de véritables statuettes ! Un dernier détail, et non le moindre, la bobine de filament ColorFabb est transparente. Cela permet d'estimer facilement la quantité de filament restante.

Voici deux choses à considérer pour épargner en achetant le filament. Premièrement, la meilleure façon d'économiser demeure d'acheter plusieurs bobines dans une même commande. Il y a alors possibilité d'épargner entre trois et cinq euros par item lorsqu'on en achète plus d'une dizaine. Informez-vous auprès de votre revendeur. Deuxièmement, il existe du filament peu dispendieux sur des sites de revente comme eBay. Avant de faire un tel choix, qui risque d'abîmer ou de boucher la buse d'impression, rappelez-vous qu'il est relativement compliqué de faire les réparations soi-même sur un tel appareil. Et les pièces de rechange sont onéreuses. Lorsqu'une buse bloque, les projets qu'elle doit imprimer bloquent aussi et des élèves demeurent dans l'attente. Ce n'est pas à négliger. Bien souvent, les économies réalisées ne justifient pas les risques pédagogiques ou les réparations qui vous attendent.

Cinq imprimantes 3D testées pour vos activités pédagogiques

Il est important de comprendre que le marché des imprimantes 3D vient à peine de se démocratiser. Les appareils, bien qu'ils détiennent un potentiel pédagogique appréciable, demeurent une technologie qui sera appelée à évoluer rapidement. Par exemple, toutes les imprimantes ne permettent pas une impression à deux couleurs. Il est à prévoir que cela changera sous peu. De même, lors d'une utilisation intensive en milieu scolaire, il faut prévoir que des problèmes de durabilité risquent de surgir. En effet, les imprimantes décrites dans cet article sont des appareils qui ne sont pas spécifiquement fabriqués pour un usage aussi intensif. Ce qui rend ces technologies intéressantes pour l'école, c'est qu'elles représentent un bon rapport qualité-prix.

La technologie des imprimantes 3D est appelée à évoluer rapidement

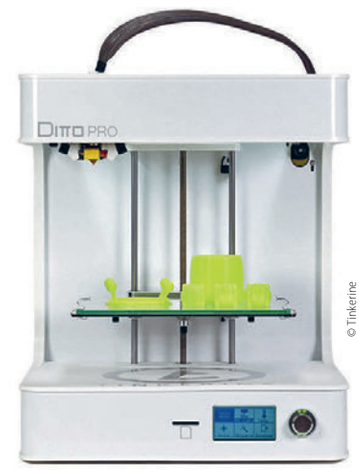
Ces appareils nécessitent également une bonne dose de patience. Bien que les imprimantes 3D soient paradoxalement simples et complexes à la fois, la clé demeure l'ajustement du plateau d'impression. La précision en est le secret : si le plateau est trop éloigné de la tête d'extrusion, l'adhérence sera mauvaise. À l'inverse, si elle est trop proche, la buse ne laissera pas le filament s'écouler et risquera de se boucher. Le pire est que, dans tous ces ajustements, la différence réside dans un simple millimètre d'écart !

DittoPro, de Tinkerine 2

Peu connue en France, la DittoPro est essentiellement commercialisée au Canada et aux États-Unis (Tinkerine est une entreprise basée à Vancouver).

D'un simple regard, lorsque la DittoPro fonctionne, un point saute aux yeux : l'accent est mis pour mettre en valeur l'objet imprimé. En effet, le devant de l'imprimante est complètement ouvert et bien éclairé par des diodes électroluminescentes. Les élèves peuvent voir les différentes étapes de l'impression et avoir accès au plateau d'impression rapidement et directement. Il faut cependant que ces derniers évitent de toucher au mécanisme au risque de se brûler, peut-être plus facilement qu'avec d'autres modèles. Il n'en demeure pas moins que la DittoPro en met plein la vue aux élèves.

L'impression au PLA se fait sur une plaque de verre non chauffée. Dans notre collège, l'appareil a été utilisé dans un petit espace de bureau et pratiquement aucune odeur n'était perceptible. Idem pour son bruit de fonctionnement : mis à part les ventilateurs, force est d'admettre que le module d'impression est discret. Il ne risque pas de déranger la dynamique de classe.



© Tinkerine

2 La DittoPro

Notez que la DittoPro n'est pas connectée à l'ordinateur et seule une fente pour une carte SD est disponible devant l'appareil. Cela n'est pas idéal en éducation, puisqu'il faut s'assurer que les élèves ont tous une carte SD. En cette ère de l'infonuagique (terme québécois pour les données enregistrées sur le *cloud*), Tinkerine aurait pu prévoir de brancher son imprimante à un réseau sans fil. La compagnie affirme cependant que ce choix a été fait pour éviter que l'impression ne s'arrête lorsque l'ordinateur passe en veille. De plus, bien que la navigation dans l'écran de contrôle soit simple d'utilisation, le bouton à molette pour naviguer dans les menus doit être revu, car il y a un décalage entre son activation et ce qui se passe à l'écran. Par contre, lorsqu'une carte SD est insérée, l'écran indique le temps restant avant la fin de l'impression. Cela est très pratique et contribue à faciliter la planification de l'utilisation pédagogique de l'imprimante.

En bref, l'imprimante en question est simple d'utilisation et son mécanisme n'a rien d'une construction très complexe.

Appréciation générale

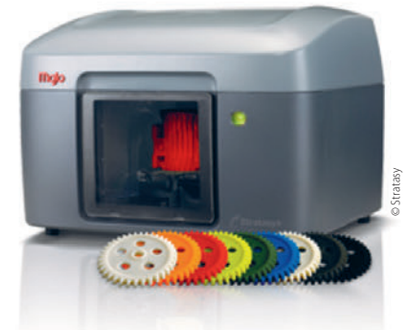
Simple à utiliser, nous n'avons jamais eu besoin de calibrer le plateau d'impression. Relativement robuste, l'éclairage et l'accès au plateau d'impression mettent en valeur le travail de l'imprimante. Par contre, elle nécessite davantage de produits pour garantir l'adhérence (ruban et fixatif) mais elle reste d'un excellent rapport qualité-prix

Spécifications

- Dimensions de l'imprimante : 37 × 39 × 43,6 cm ;
- poids de l'imprimante : 10 kg ;
- volume d'impression : 22 × 16,5 × 22 cm (7 986 cm^3) ;
- résolution : entre 50 et 200 µm ;
- connectivité : carte SD, USB (moyennant l'installation de pilotes de tierce partie) ;
- compatibilité : Mac ou PC ;
- matériel : PLA uniquement (1,75 mm de diamètre)
- prix de détail suggéré : l'équivalent de 1 700 € (www.voxelfactory.com au Canada) ;
- garantie de base : 1 an ;
- site web du fabricant : http://tinkerine.com.

Mojo, de Stratasys 3

L'imprimante 3D Mojo est certainement le modèle le plus avancé de ceux qui ont été retenus aux fins de comparaison pour les milieux scolaires au Québec. La grande particularité de la Mojo, fabriquée aux États-Unis par Stratasys, est qu'elle imprime à l'aide de deux rouleaux de filament dans des cartouches séparées. Le premier est en polymère ABS+ et le second est un filament de support soluble dans l'eau. Ce dernier filament permet l'impression d'une structure pour supporter l'impression de formes différentes présentant de fortes inclinaisons. Elle permet donc l'impression d'une plus grande gamme d'objets, et ce, même si son volume d'impression est plus petit que celui de ses concurrentes.



© Stratasy

3 La Mojo

Vu l'utilisation de l'ABS comme filament, l'enceinte d'impression est chauffée, ce qui annule le risque de déformation de la pièce imprimée. Le tout est sécurisé et inaccessible aux élèves, ce qui évite le risque de brûlure pendant l'opération. Les élèves peuvent cependant observer l'évolution de la création de la pièce à travers une petite fenêtre donnant un accès visuel frontal à l'enceinte éclairée. Également, Stratasys offre une station de nettoyage Wavewash dans laquelle la pièce peut être plongée dans de l'eau chauffée en circulation, ce qui facilite la dissolution du filament de support. Lors du remplacement de la cartouche, une nouvelle tête d'extrusion est fournie afin de la remplacer pour toujours assurer une impression de qualité et, bien sûr, diminuer les risques de blocage. À chaque changement de cartouche, c'est un peu comme si on avait une nouvelle imprimante.

La Mojo n'est compatible qu'avec un ordinateur PC, auquel elle est connectée via un simple câble USB. Le coût de remplacement des cartouches est particulièrement élevé puisqu'une nouvelle tête d'extrusion est fournie ; cela assure cependant un entretien minimal en limitant le risque d'engorgement de la pièce.

Stratasys est une entreprise du Minnesota qui se spécialise dans les imprimantes 3D industrielles ou commerciales, lesquelles sont souvent utilisées par des bijoutiers, des ingénieurs ou des artistes.

En somme, la Mojo de Stratasys est la porte d'entrée vers des projets pédagogiques plus complexes et mieux finis, probablement de nature artistique ou entrepreneuriale. C'est un pas dans la bonne direction pour la fabrication d'objets qui pourraient être commercialisés par des élèves menant un projet personnel ou qui font partie de diverses activités entrepreneuriales.

Appréciation générale

Indubitablement, la Mojo est une imprimante de qualité supérieure. Le fait de pouvoir imprimer des objets avec des pentes prononcées grâce au filament de support soluble est un atout. Cependant, le prix demeure élevé pour les besoins des élèves et les moyens des écoles. C'est un modèle davantage orienté vers une clientèle d'entreprises.

DittoPro, Mojo, Replicator, Ultimaker et Cube pro Trio à l'essai

Spécifications

– Dimensions de l'imprimante : 63 × 45 × 53 cm ;
– poids de l'imprimante : 27 kg ;
– volume d'impression : 12,7 × 12,7 × 12,7 cm (2 048 cm^3) ;
– résolution : 170 µm ;
– connectivité : USB ;
– compatibilité : PC ;
– matériel : ABS+ (3 mm de diamètre) ;
– prix du filament : 330 € pour une bobine de 1 311 cm^3 de matière ;
– prix de détail suggéré : 6 950 €, incluant la station de nettoyage Wavewash (www.cadvision.fr/imprimantes-3d-professionnelles/stratasys/mojo) ;
– garantie de base : 1 an ;
– site web du fabricant : www.stratasys.com/fr.

Replicator (5e génération), de Makerbot 4

Makerbot est certainement un des fabricants les plus connus dans le domaine de l'impression 3D. D'ailleurs, l'entreprise a été rachetée par Stratasys en 2013 pour pouvoir mettre un pied dans le marché des imprimantes 3D accessibles à tous les consommateurs. Cela assure l'accès aux pièces et la disponibilité d'une aide technique.

Malheureusement, bien que cette entreprise soit reconnue comme l'une des pionnières de l'impression 3D, Makerbot a éprouvé ces dernières années d'importantes difficultés au niveau de l'extrudeur de plastique qui se bouchait fréquemment. Heureusement, le nouvel extrudeur (Smart extruder +) remédie à la situation, en plus d'ajouter une dimension spectaculaire à l'imprimante. En effet, non seulement il arrête l'impression en cours s'il manque de filament, mais il avertit l'usager sur son smartphone de la situation. L'imprimante reprend ensuite l'impression là où elle l'a laissée. Une autre particularité intéressante : l'imprimante est dotée d'une caméra dans l'enceinte d'impression. On peut donc se connecter à l'imprimante pour constater visuellement l'avancement de l'impression, des fonctions qui seront certainement appréciées par les élèves !

© Makerbot

4 La Replicator (5e génération)

Le bruit de l'imprimante est un facteur à ne pas négliger dans une classe

L'imprimante a un aspect robuste et, comme Makerbot se plaît à le rappeler, il s'agit d'une cinquième génération. On voit clairement que c'est un appareil évolué. Entre autres, cela s'exprime à travers un grand écran de contrôle activé par une molette précise et robuste. L'éclairage à DEL coloré est efficace et complète bien la silhouette noire de l'imprimante. On retrouve sur son boîtier les informations de base pour l'impression : pourcentage de réalisation de la tâche, temps d'impression et temps restant, image du produit fini, etc. Ces informations sont également disponibles sur l'application mobile de Makerbot.

La bobine de filament est insérée à l'arrière de l'appareil dans un compartiment prévu à cet effet ; elle n'est donc pas apparente. Cela ajoute à l'esthétique du produit. Une petite fenêtre est aménagée pour voir la quantité restante de filament dans la bobine.

Appréciation générale

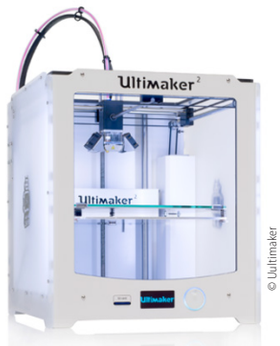
La connectivité de cet appareil est fantastique. Il se branche aisément au réseau WiFi et les tâches peuvent être envoyées sans fil à l'imprimante. La caméra est un atout pour permettre aux élèves de voir où en est rendu leur projet. Cependant, l'imprimante est particulièrement bruyante, ce qui risque de déranger le déroulement régulier d'un cours.

Spécifications

– Dimensions de l'imprimante : 52,8 × 44,1 × 41 cm ;
– poids de l'imprimante : 16 kg ;
– volume d'impression : 25,2 × 19,9 × 15 cm (7 522 cm^3) ;
– résolution : 100 µm ;
– connectivité : USB, réseau, WiFi ;
– compatibilité : Mac, PC, Linux avec application sous iOS et Android ;
– matériel : PLA (1,75 mm de diamètre) ;
– prix du filament : 18 € pour une bobine de 750 g ;
– prix de détail suggéré : à partir de 2 320 € (www.machines-3d.com/imprimante-3d-makerbot-replicator-5eme-generation-xml-351_361-873.html) ;
– rabais : pas de rabais pour les enseignants, mais il existe des promotions occasionnelles ;
– garantie de base : 1 an, incluant une assistance technique ;
– site web du fabricant : www.makerbot.com.

L'Ultimaker 2+ 5

Ce modèle d'imprimante 3D rappelle un peu les premiers modèles fabriqués avec un look un peu plus rétro que ses concurrents : une carcasse de métal gris brossé avec des panneaux de plastique givrés rivetés sur les deux côtés ainsi qu'à l'arrière de l'appareil. En revanche, le dessus et le devant de l'appareil sont complètement ouverts, ce qui permet un court mais facile accès à l'espace d'impression. Elle offre un des meilleurs volumes d'impression des



5 L'Ultimaker 2+

imprimantes présentées dans cet article. L'enceinte est également bien éclairée à l'aide de diodes électroluminescentes.

Point intéressant : l'Ultimaker 2+ charge le filament par elle-même. Il suffit de placer la pointe du filament dans l'orifice derrière la machine, puis de sélectionner le menu de chargement du matériel sur l'écran et le tour est joué. Selon le fabricant, cette fonction permet de garder le filament le plus loin possible de la poussière.

Également, l'Ultimaker2+ est très polyvalente, puisqu'elle peut utiliser du PLA ou de l'ABS. Son plateau d'impression est donc chauffé. Il faut cependant s'assurer de procéder à la calibration du plateau avant les impressions, car il semble se désajuster facilement. D'ailleurs, si le plateau est mal calibré, la première couche d'impression n'adhère tout simplement pas. L'imprimante est offerte avec un assortiment de quatre buses (0,25 ; 0,4 ; 0,6 et 0,8 mm) qui se changent facilement par simple dévissage manuel avant l'impression. Cela permet d'augmenter le niveau de précision de l'impression.

L'imprimante fonctionne bien, mais elle est un peu plus bruyante. Quelques bips retentissent lorsque la buse d'extrusion change brusquement de direction. La connexion d'alimentation électrique à l'arrière de l'appareil pourrait être revue ; le connecteur ressemble à une ancienne fiche S-Video, ce qui n'est pas facile à connecter.

La connectivité de l'appareil est rendue possible grâce à une fente SD, mais aussi grâce à un câble USB.

Appréciation générale

Lors de l'essai, il nous a fallu ajuster le plateau à plusieurs reprises et, à chaque fois, tenter notre chance, mais une fois le bon ajustement trouvé, tout était impeccable. Ce modèle est plus polyvalent, permettant ainsi de satisfaire les besoins de divers utilisateurs. Décoller la pièce du plateau d'impression est un jeu d'enfant une fois l'impression terminée. Enfin, le fait d'utiliser un filament de diamètre plus grand semble offrir une facilité de manipulation de la bobine et donc de l'approvisionnement.

Spécifications

– Dimensions de l'imprimante : 49,2 × 34,2 × 55,8 cm ;
– poids de l'imprimante : 11 kg ;
– volume d'impression : 22,3 × 22,3 × 20,5 cm (10 194 cm^3) ;
– résolution : entre 20 et 600 µm ;
– connectivité : USB, WiFi, carte SD ;
– compatibilité : Mac, PC, Linux ;
– matériel : ABS et PLA (2,85 mm de diamètre) ;
– prix du filament : 40 € pour une bobine PLA ou ABS de 750 g ;
– prix de détail suggéré : 2 300 € (www.materiel.net/imprimante-3d/ultimaker-2-132021.html) ;
– garantie de base : 1 an ;
– site web du fabricant : https://ultimaker.com.

Dans certains cas, la création de pièces creuses suffit pour économiser du filament

La Cube Pro Trio, de 3D Systems 6

Les imprimantes de la gamme Cube sont fabriquées par 3D Systems aux États-Unis.

À plusieurs égards, la Cube Pro Trio est une imprimante qui diffère des autres imprimantes de ce banc d'essai. Tout d'abord, elle est bien plus grosse et plus lourde. Cela fait en sorte qu'elle peut imprimer de plus grosses pièces, mais, en même temps, elle prend plus de place dans la classe et se déplace moins facilement. Ensuite, elle permet l'impression de trois couleurs (de deux couleurs pour le modèle Duo ou d'une seule pour le modèle de base) grâce à trois extrudeurs qui font partie de la même tête d'impression. Il s'agit d'une imprimante plus polyvalente puisqu'elle peut être utilisée avec trois types de filaments (ABS, PLA et Nylon®) en plus d'un filament soluble qui sert de support temporaire à l'impression de formes fortement inclinées. Enfin, toute la magie opère à l'intérieur de la machine : le filament s'y trouve et s'y déploie dans les tubes. L'enceinte est également chauffée pendant l'impression et cette chaleur est réglée automatiquement par une petite puce située dans la cartouche du filament. Cette puce informe la machine et le logiciel du type de filament qu'elle contient et de la couleur de ce dernier. Puisque le PLA nécessite moins de chauffage que l'ABS ou le Nylon®, il y a moyen d'ouvrir la porte devant l'imprimante mais aussi de retirer le panneau supérieur et celui de derrière pour avoir un bon aperçu du déroulement de l'opération.

L'imprimante offre un degré d'automatisation intéressant, nécessitant moins de manipulation de la part des usagers. Le logiciel fourni est complet, quoique moins intuitif et ergonomique que d'autres.

Une colle spéciale est fournie avec la machine et doit être appliquée sur le plateau d'impression. Une fois l'opération terminée, la plaque n'a plus qu'à être rincée et elle est prête à nouveau à l'emploi.

Cette imprimante offre trois niveaux de résolution et trois options de remplissage réglables à l'aide du logiciel. Mais quel que soit le choix fait, l'impression se déroule relativement bruyamment. Cela s'explique par le fait que le plateau d'impression bouge de concert avec la tête d'impression lors de l'opération. Comme l'imprimante est carrément un cube (d'où le nom du modèle) et qu'une partie de la structure fermée semble

robuste, nous serions en droit de nous attendre à un certain niveau d'insonorisation. En revanche, la qualité de l'impression est excellente. Point à souligner : l'impression en ABS s'est déroulée sans aucune odeur.

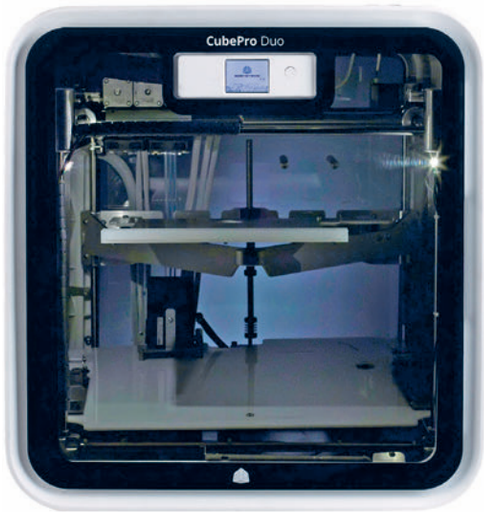
Les cartouches sont scellées pour préserver le filament de l'humidité. Si l'installation de ces cartouches est relativement simple, leur retrait implique un certain gaspillage de matériel puisque ce qui est retiré de l'imprimante ne peut être rembobiné dans la cartouche. Cela est particulièrement triste, d'autant que les cartouches sont plus dispendieuses que celles des imprimantes vues précédemment et qu'il est impossible de les remplacer par du filament d'un autre fabricant. Cependant, pour ceux qui ont des considérations écologiques, 3D Systems offre un service de recyclage des cartouches, du filament non utilisé et des pièces imprimées. Il suffit d'envoyer le tout par courrier à l'une de leurs usines de recyclage de Caroline du Sud ou d'Allemagne.

Appréciation générale

Cette imprimante offre un immense espace de conception et donne une grande impression d'innovation technologique au niveau de la gestion des cartouches. Cependant, leur chargement n'est pas simple puisqu'il se fait à l'intérieur de la machine, dans un espace exigu ; si vous avez de grosses mains, cela ne sera pas une expérience particulièrement aisée !

Spécifications

– Dimensions de l'imprimante : 57,8 × 59,1 × 57,8 cm ;
– poids de l'imprimante : 11 kg ;
– volume d'impression : 20,04 × 23 × 27,04 cm (12 463 cm^3) ;
– résolution : entre 70 et 300 µm ;
– connectivité : USB, WiFi ;
– compatibilité : Mac, PC ;



© 3D Systems

6 La Cube Pro Trio

© M.-A. Girard

7 Figurine aztèque réalisée en impression 3D

– matériel : ABS, PLA et Nylon® (1,75 mm de diamètre) ;
– prix du filament : 100 € pour une bobine de 670 g (cartouche scellée) ;
– prix de détail suggéré : 4 120 € (www.boulanger.com/ref/1030739) ;
– garantie de base : garantie 2 ans, incluant les pièces et la main-d'œuvre (excluant la tête d'extrusion) ;
– site web du fabricant : www.3dsystems.com.

Quelques questions fréquemment posées à propos des imprimantes 3D

Combien coûte l'impression d'une pièce ?

Évidemment, c'est la première question qui vient en tête, car il peut s'avérer dispendieux de permettre l'accès à l'imprimante à tous les élèves sans contrôle. Une simple formule peut être appliquée :
(prix de la bobine/poids de la bobine)
× poids de la pièce produite = prix de la pièce.

À titre d'exemple, voici une petite figurine aztèque 7 qui mesure 8 cm de hauteur, 4,5 cm de largeur et 3 cm de profondeur. L'intérieur n'est rempli qu'à 15 % puisqu'il est inutile de remplir la totalité de l'objet, ce qui permet d'épargner beaucoup de filament, donc de réaliser des économies sans toutefois affecter la qualité de l'objet.

Le coût moyen d'une bobine de qualité est de 40 € pour 750 grammes de filament. Lorsqu'on imprime cette pièce de 24,5 grammes, le coût total en filament serait de 1,30 €. Cela exclut les frais de dépréciation et de maintenance de l'imprimante elle-même. À noter qu'habituellement les logiciels de gestion de l'impression affichent le poids et la quantité de filament (en mètres) utilisée. Il est donc aisé de faire le calcul sans avoir nécessairement à faire une première impression.

Combien de temps dure l'impression d'une pièce ?

L'impression en 3D prend du temps, ce qui est une réalité quelque peu dichotomique avec l'avènement des nouvelles technologies dans la société. En effet, nous sommes à l'ère de l'instantanéité ; l'impression 3D ramènera les élèves à faire l'éloge de la lenteur et de la précision en laissant amplement de temps à l'émerveillement et au développement de la patience. Cela dit, les enseignants doivent bien planifier leurs activités en conséquence, car s'ils croient pouvoir imprimer quelques pièces pendant la durée de leur cours, ils se trompent !

Plus précisément, le temps d'impression dépend de plusieurs facteurs :
– la grosseur de la pièce ;
– son remplissage ;
– sa complexité de conception (pentes, détails, etc.) ;
– la qualité (ou résolution) de l'impression ;
– les capacités de l'imprimante.

Il est donc difficile de répondre exactement. Cependant, cette information est habituellement donnée dans le logiciel de gestion de l'impression. Aussi, à titre indicatif, la figurine aztèque dont il était question précédemment aura nécessité 3 h 06 d'impression sur une DittoPro.

Est-ce possible d'imprimer plusieurs pièces à la fois ?
Oui. Il s'agit simplement d'organiser le plateau d'impression dans le logiciel en fonction des projets et le tour est joué. Cependant, n'oubliez pas deux choses : premièrement, au-delà du sentiment de maximiser l'emploi du plateau d'impression, plus vous augmentez la tâche, plus le temps d'impression augmente. Deuxièmement, assurez-vous que votre logiciel soit en mesure d'imprimer toutes les pièces en même temps et une par une. Si une pièce est imprimée en premier, il devient difficile pour l'extrudeur de se promener adéquatement sur le plateau d'impression et cela risque fort d'occasionner des dommages.

Peut-on imprimer la nuit ?
C'est effectivement une pratique répandue qui n'est toutefois pas recommandée, et ce, pour deux raisons principales : d'une part, s'il y a un problème avec le processus, personne n'est sur place pour intervenir (pénurie de filament, blocage, enrayage, etc.). De plus, les fabricants ne recommandent pas l'utilisation de l'appareil sans surveillance, principalement parce qu'il implique du chauffage et la fusion de polymère.

Que se passe-t-il si la bobine de filament se vide durant l'impression ?
Cela dépend de l'imprimante. De rares imprimantes permettent d'arrêter l'impression pour ensuite la reprendre lorsque la bobine a été changée. Les systèmes de détection de filament n'ont pas été implantés dans toutes les machines, du moins pas pour des imprimantes à usage non commercial (excluant la Replicator de Makerbot). Dans ce cas-ci, l'extrudeur poursuit son impression, mais sans polymère. Il n'y a donc aucun système de détection d'épuisement de filament.

Cependant, les logiciels estiment habituellement la quantité et le poids de filament nécessaires à la réalisation de la pièce. En conséquence, il y a moyen, en amont, de peser la bobine de filament pour avoir un aperçu de la quantité restante. Pour plus de précision, peser une bobine vide et en soustraire le poids à celle qui est installée dans la machine.

Qu'est-ce que la résolution d'impression ?
D'entrée de jeu, il importe de savoir que 1 000 micromètres (µm) équivalent à un millimètre. Donc, plus le chiffre de résolution est petit, plus la résolution est élevée. Sur des pièces plates, cela importe peu, car la différence entre une résolution de 20 µm et de 200 µm est imperceptible à l'œil nu. Cependant, pour les dégradés, courbes ou pentes, cela fera une différence appréciable.

La majorité des fabricants ou des experts dans le domaine recommandent une résolution de 60 µm pour la fabrication d'une pièce à haute résolution. Pour une pièce qui n'est pas destinée à un usage où l'esthétique serait primordiale, par exemple pour des épreuves préliminaires, 200 µm suffisent amplement. Il ne faut pas oublier que plus la résolution est élevée, plus la durée d'impression l'est également.

Certains modèles permettent d'imprimer plusieurs pièces ou plusieurs couleurs à la fois

Est-ce possible d'imprimer en deux ou trois couleurs à la fois ?
Certaines machines offrent cette possibilité avec un double ou triple extrudeur (voir, entre autres, la CubePro Duo ou Trio de 3D Systems). D'autres imprimantes, quant à elles, offrent la fonction « pause » où il est possible d'interrompre manuellement l'impression pour changer le filament. Sinon, certaines pièces s'emboîtent ; il suffira alors d'imprimer les différentes pièces avec chacune leur couleur. ■

EN LIGNE

Organovo, société d'impression de tissus humains en 3D :
www.organovo.com

Jeunes entreprises du Québec :
http://quebec.jacan.org/fr

SolidWorks, logiciel de conception assistée par ordinateur :
www.solidworks.fr

Mise en place d'un atelier de fabrication numérique (Makerspace) au collège Beaubois :
https://goo.gl/aYULdl

Échofab, premier Fab Lab au Canada, mis en place par Communautique :
www.echofab.org
www.communautique.qc.ca

Formations chez Digicad :
www.digicad.fr/formations-ansys

Formations chez Multistation :
http://proto3dshop.multistation.com/fr/18-formations

3DLAC, fixatif pour augmenter l'adhésion de la première couche sur le plateau de fabrication :
www.3dlac.fr

ColorFabb, fabricant de filaments pour impression 3D originaux :
http://colorfabb.com

Tous les liens sur http://eduscol.education.fr/sti/revue-technologie

Mes sincères remerciements à :
Jean-François Niaison, président de SolidXperts ; François Lahey, copropriétaire de Voxel Factory ; Kenneth et Jacky Wan, copropriétaires du 3DShop ; Jamal Hashim et Jean-Pierre Houle de Konica Minolta, partenaires de 3D Systems.