

La 3D, c'est impressionnant

FRÉDÉRIC PINCHON [1]

Au collège, l'imprimante 3D est un outil qui devient indispensable dans les projets pédagogiques pour rendre plus concrètes les réalisations des élèves. Focus sur une utilisation appropriée pour tous et à tous les niveaux.

La popularité actuelle des imprimantes 3D et leur apparition dans les médias laissent à supposer que l'impression 3D est un procédé de prototypage récent. Or ce principe existait déjà dans les années 1980, sous le nom de stéréolithographie. Il a ensuite pris son essor dans les années 1990, lorsque le MIT (Massachusetts Institute of Technology) s'est inspiré des imprimantes à jet d'encre pour concevoir une nouvelle méthode de prototypage rapide.

Depuis quatre ans, la baisse du prix de ces machines, les progrès réalisés sur les matériaux utilisés, ainsi que la vulgarisation des logiciels de conception ont permis aux imprimantes 3D de sortir des laboratoires et des bureaux d'études et sont devenues accessibles au grand public, notamment dans les fab labs. Ces lieux ouverts au public, qui mettent à disposition toutes sortes de machines-outils pour la conception et la réalisation d'objets par des particuliers, sont vraiment représentatifs de cette récente démocratisation. Le succès actuel de l'impression 3D va également de pair avec la naissance d'un nouveau mode de production autour de la fabrication « d'objets personnels » pour les particuliers.

Ce nouvel horizon de créations séduit le monde de l'éducation, mais, concrètement, quels sont les potentiels usages pédagogiques des imprimantes 3D dans les salles de classe ?

Un procédé de prototypage rapide en appui de la chaîne numérique

En complément aux procédés usuels de prototypages de type CFAO par commandes numériques (MCN), les imprimantes 3D font désormais partie des équipements usuels que l'on rencontre dans les laboratoires de STI2D, et s'invitent peu à peu dans ceux de technologie

mots-clés
équipement didactique, réalisation collective

en collège. Elles sont aujourd'hui considérées comme des moyens complémentaires d'obtention de pièces spécifiques ou de maquettes pédagogiques.

L'impression 3D, également dénommée « fabrication par couches additives » ou « fabrication additive », permet de restituer physiquement des objets 3D, à partir du modèle CAO, sans outillage particulier. Le modèle numérique 3D est dessiné avec les élèves à l'aide d'un modèleur volumique (Google Sketchup, SolidWorks, SolidEdge...), puis généralement exporté au format STL. Les imprimantes procèdent ensuite à la réalisation par dépôt de filament fondu (*fused deposition modeling*). Cette technologie est fondée sur la découpe de l'objet virtuel 3D en fines lamelles 2D (*slicing*) qui sont ensuite déposées et fixées une à une aux précédentes afin de reconstituer l'objet réel. L'empilement des couches crée ainsi un volume.

La conception et la réalisation d'objets techniques peuvent se réaliser par prototypage rapide en s'appuyant sur la chaîne numérique. Cette chaîne permet de transformer un plan numérique dessiné en CAO (la représentation de la pièce à usiner en dessin technique sur ordinateur) en une pièce réelle par FAO (usinage sur une machine à commande numérique). À noter que le procédé d'impression 3D renforce la compréhension de la chaîne numérique omniprésente dans les enseignements technologiques. Elle permet de donner du corps aux modèles 3D conçus virtuellement. Son emploi est toujours associé à l'utilisation de représentations « volumiques » et « numériques » de type CAO. Pas d'impression sans fichier 3D.

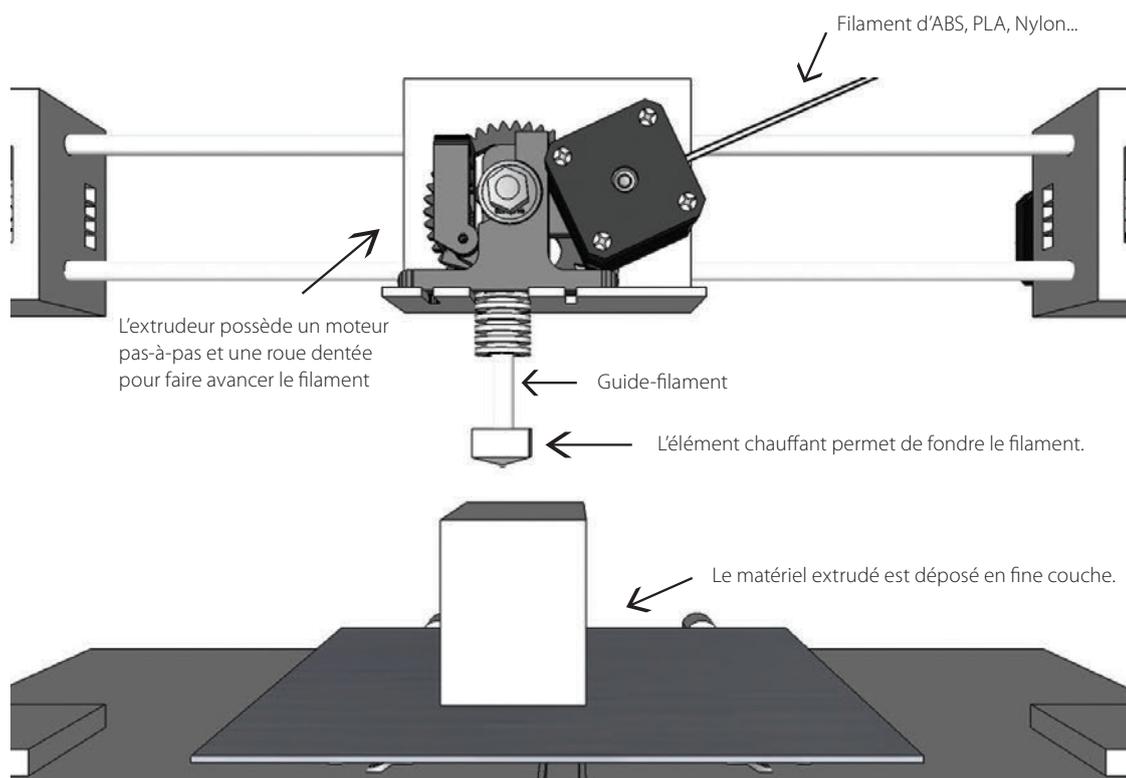
Le fonctionnement des imprimantes 3D est finalement très proche de celui des imprimantes classiques. Les matériaux les plus couramment utilisés sont des plastiques PLA et ABS. Les autres principes techniques existants (stéréolithographie, frittage laser, procédé PolyJet ou DLP) ne sont généralement pas adaptés à une utilisation en collège, et sont trop coûteux. Actuellement, ce sont donc principalement les imprimantes 3D, dites de table, qui ont investi le domaine éducatif [1].

L'impression 3D dans les programmes

Le programme de technologie au collège précise que l'élève acquerra les compétences lui permettant de passer progressivement de l'analyse à la conception. Ceci afin que, en classe de 3^e, durant un projet collectif, il soit à même de conduire la réalisation d'un prototype dans son intégralité :

[1] Professeur de technologie au collège Romain-Rolland de Clichy-sous-Bois (93), expert Tice pour la Direction du numérique pour l'éducation (DNE).

Je remercie les équipes d'inspection pédagogiques académiques SII qui ont permis l'utilisation de ces exemples d'impression 3D, ainsi que l'ensemble des professeurs qui ont contribué à ces projets.



Source : image tirée d'une capture d'écran du modèle sketchup gratuit : <https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?d=139b41e30-0e97-44ee-8c36-9581f4a2771> librement inspirée de <http://www.priximprimante3d.com/principe/>

La tête d'impression et/ou la table se déplacent selon les axes X, Y, et Z

1 Principe de l'imprimante 3D

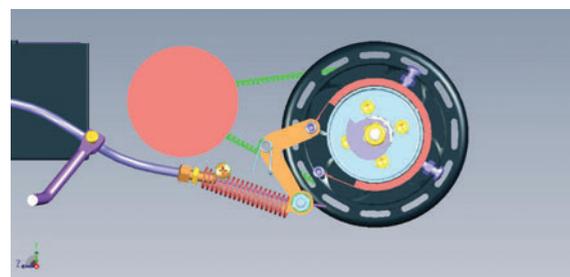
– en 6^e, le thème de travail est celui des moyens de transport. L'élève ne construit pas d'assemblages volumiques, mais il les utilise à l'aide d'une visionneuse 3D **2**, telle que eDrawings, afin de comprendre le fonctionnement et d'analyser la constitution de l'objet technique représenté. L'impression 3D en tant que telle n'est généralement pas encore utilisée à ce niveau de classe ;

Vue du modèle entier

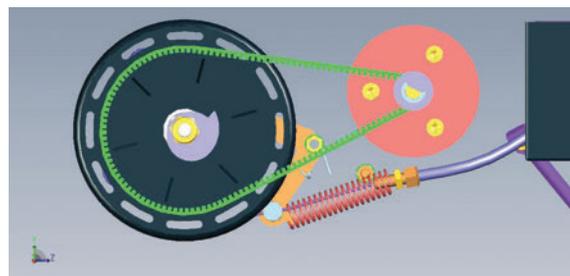


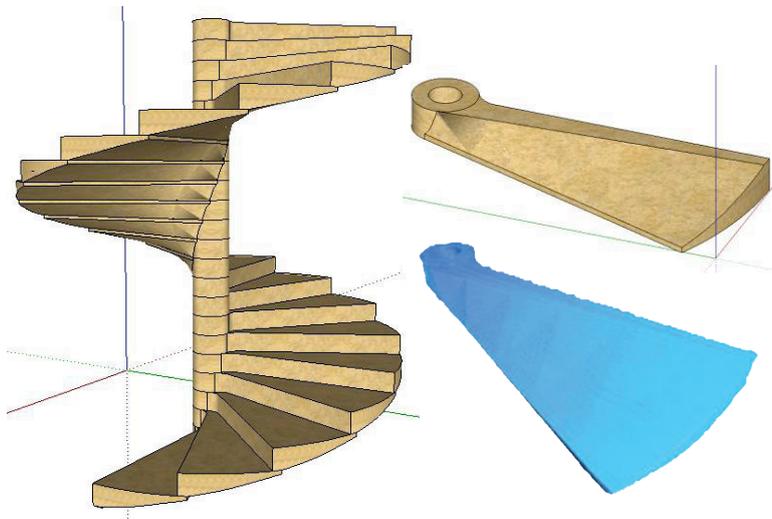
2 Edrawing avec la trottinette

Détail du freinage



Détail de la motorisation

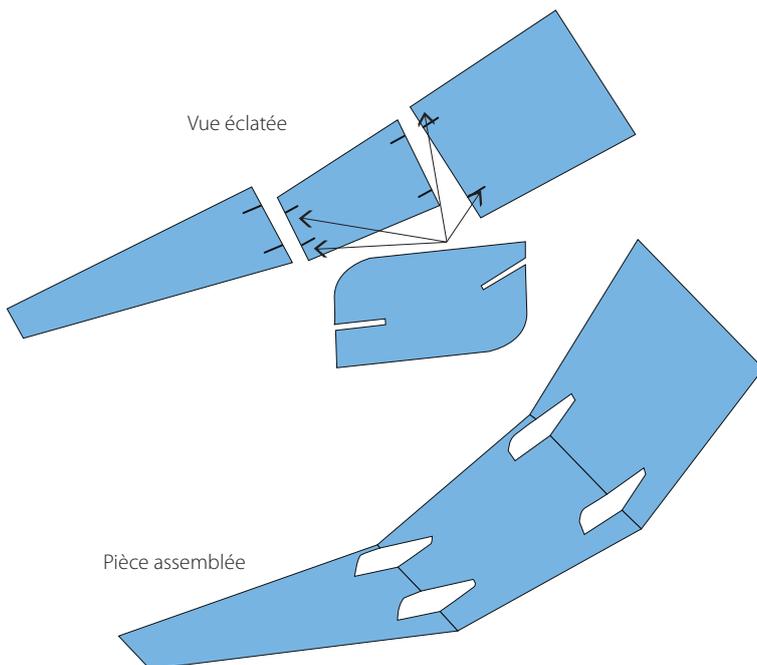




3 Escalier en colimaçon réalisé par des élèves de 5^e
Source : <http://technologie.ac-dijon.fr/spip.php?article488>



4 Fraiseuse numérique



5 Projet four solaire
<http://technologie.ac-creteil.fr/spip.php?article129>

L'escalier

Collège La-Croix-des-Sarrasins, Auxonne ; auteur : M. Salvidant, académie de Dijon

Cette réalisation répond à la question : « Quelles sont les particularités des ouvrages de notre environnement ? » La problématique vise à développer l'étude et la réalisation de maquettes d'escaliers en colimaçon. Les élèves disposent de plusieurs séances pour comparer des solutions techniques qui correspondent à la même fonction de service. L'imprimante 3D offre ici la possibilité de réaliser des marches avec des designs qui seraient difficilement réalisables à partir de plaques et d'usinage.

– en 5^e, l'élève passe progressivement de l'analyse à la conception. À l'aide d'un modéleur volumique, il procède à la création ou à la modification d'une maquette numérique sur le thème de l'habitat et des ouvrages. L'utilisation du modèle numérique 3D est présentée comme offrant une bonne perception du réel et une grande facilité de modification de forme, d'aspect, ou de structure. Cette modélisation 3D donne ensuite généralement lieu à la réalisation d'une maquette réelle. Certaines pièces ou composants peuvent donc être potentiellement imprimés par les élèves **3** ;

– en 4^e, sur le thème du confort et de la domotique, l'élève utilise la représentation numérique dans une démarche de conception. Il lui est demandé d'insérer un élément provenant d'une bibliothèque (mécanique ou électronique) pour compléter l'assemblage d'un ensemble ou d'un sous-ensemble constituant la maquette numérique d'un objet technique. Une réflexion particulière lui est demandée afin de déterminer les différentes opérations à réaliser sur le modéleur 3D. Sur ce niveau, l'impression 3D peut ici servir à la réalisation collective d'une partie du prototype ;

– en 3^e, la représentation numérique s'intègre totalement dans la conception et la fabrication de l'objet technique. L'élève met en œuvre la démarche technologique pour conduire un projet, proposer des solutions techniques afin de finaliser sa démarche par la réalisation collective d'un prototype. Certaines pièces sont donc totalement définies à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) pour être réalisées ensuite par les élèves. Jusqu'alors, la fraiseuse à commande numérique était le principal outil de fabrication **4**. L'imprimante 3D permet désormais de nouvelles perspectives quant à l'obtention de formes plus complexes. Dans le four solaire, par exemple **5**, les panneaux sont fabriqués avec un assemblage de trois plaques PVC s'appuyant sur des encoches imprimées en 3D. La fabrication est ici plus simple, et le résultat plus robuste et plus esthétique.

Exemples d'utilisations de l'imprimante 3D

C'est durant le projet collectif en 3^e que l'usage de l'imprimante 3D est le plus pertinent. En encadrés, nous proposons un ensemble d'exemples issus de la

Le cardiofréquencemètre

Collège Charles-Péguy, Verneuil-l'Étang ; auteur : M. Drumez, académie de Créteil

L'équipe enseignante souhaite ici utiliser les cardiofréquences lors des cours d'EPS. Leur première préoccupation est la perte de temps pour équiper les élèves. Il existe des équipements qui s'installent sur le poignet, mais leur coût est trop élevé. Durant ce projet, plusieurs équipes d'élèves réalisent différentes versions de boîtiers permettant d'accueillir et de protéger une application électronique sur laquelle sont fixés deux capteurs. L'impression 3D a permis de tester toutes les solutions sans avoir à faire de longs programmes d'usinage spécifiques à un seul produit. Puis, par itération, les équipes ont apporté les modifications nécessaires afin d'obtenir une ergonomie maximum sur le poignet.



plateforme de travail du dispositif collaboratif pour la réalisation de pièces en prototypage rapide dans le cadre de l'enseignement de technologie, dans l'académie de Dijon et de Créteil.

Bilan

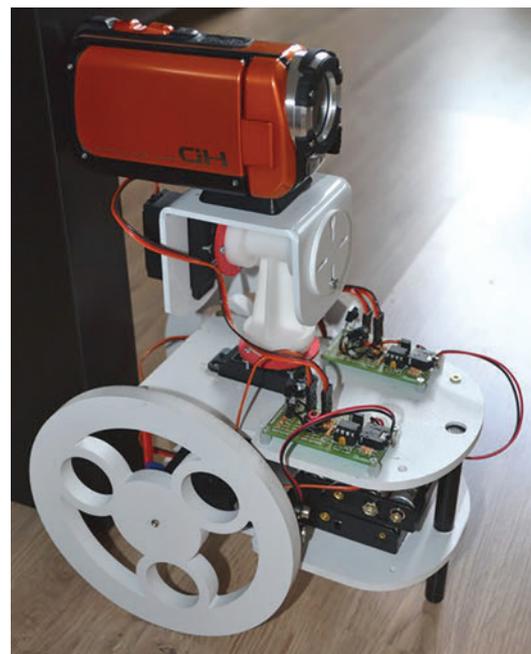
Le plus gros inconvénient des imprimantes 3D est le temps d'impression d'une pièce, très long (compter entre 40 et 60 minutes pour l'impression d'une pièce de 10 cm de hauteur), qui oblige généralement de poursuivre l'impression sans la présence des élèves. De plus, les imprimantes à dépôt de filament fondu emploient généralement des bobines de filament, dont le coût d'achat est important. Avec ce type de machine, il est difficile de faire de très petites pièces. Le choix de l'utilisation d'une imprimante 3D dans la réalisation d'un projet avec les élèves doit donc être justifié par l'obtention de formes non réalisables par les procédés de fabrication traditionnels disponibles en technologie.

En permettant de concrétiser et de tester, par l'expérimentation, les solutions techniques que les élèves ont imaginées, l'impression 3D permet d'approfondir la pédagogie de projet tout en stimulant leur créativité. Elle aide à mettre en place une pédagogie

Le support de caméra

Collège Debussy, Aulnay-Sous-Bois ; auteur : M. Sabbathe, académie de Créteil

La pièce imprimée en 3D est ici un support de caméra mobile, commandé à distance et devant être fixé sur une voiture radio commandée pour permettre de faire des plans en travelling à ras du sol lors de la réalisation d'un court-métrage.



active, car elle donne aux élèves le droit à l'erreur. Enseigner avec une imprimante 3D, c'est aussi permettre aux professeurs d'accompagner les élèves dans la conception et le développement de leur objet 3D, d'apprendre tout au long de la conception et de se confronter aux difficultés en matière de design ou de contraintes physiques. Si votre collège n'est pas encore équipé de telles machines, nous vous conseillons de créer une liaison collège/lycée afin de favoriser la continuité des apprentissages. ■

Le steadicam

Collège Jules-Ferry, Joinville-le-Pont ; auteur : M^{me} Rostaing-Puissant, académie de Créteil

Ce projet interdisciplinaire porte sur la réalisation d'un court-métrage. En technologie, les élèves ont la charge de préparer l'infrastructure technique.

Suite à des difficultés rencontrées dans la stabilisation de la caméra lors des prises de vues, les élèves ont choisi de réaliser le dispositif « steadicam ». La rotule du steadicam (organe comportant la liaison pivot) étant assez difficile à réaliser avec les équipements habituels (elle comporte une liaison trois axes montés nécessairement sur roulement à billes), la pièce a donc été imprimée. L'ensemble réalisé garde ainsi une faculté de mouvements simultanés dans les quatre directions en gardant le principe du cardan (vertical, horizontal, gauche et droite).

