

---

# NOUVELLES TECHNOLOGIES DE PROTOTYPAGE RAPIDE POUR LES PROFESSIONNELS DE LA DEFICIENCE VISUELLE

---

Ce document a été réalisé dans le cadre du projet GeoAccess financé par la FIRAH en 2014. Il s'appuie sur une analyse des besoins des professionnels de la déficience visuelle (enseignants, formateurs et éducateurs spécialisés, transcripteurs). Il a pour objectif général de fournir des indications sur les technologies et les outils qui permettent à ces professionnels de :

1. créer leurs propres supports pédagogiques et éducatifs,
2. adaptés à leurs besoins spécifiques,
3. sans compétence technique importante,
4. et pour un coût modeste.

Evidemment, ces indications sont valables beaucoup plus largement et s'adressent à tous ceux qui veulent créer des objets interactifs, quels que soient leurs compétences ou leurs objectifs.

Afin d'avoir des exemples de supports réalisés avec ces technologies dans le cadre du projet GeoAccess, rendez-vous sur

<http://cherchonspourvoir.org/faislepourvoir/>

Rédacteurs : Stéphanie Giraud et Christophe Jouffrais (IRIT et « Cherchons pour Voir », CNRS), avec le témoignage de Nathalie Bedouin, transcriptrice à l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse

Date : 25 octobre 2016

## SOMMAIRE

---

Contexte .....	3
Analyse des besoins à l'Institut des Jeunes Aveugles.....	4
Enseignants spécialisés .....	4
Instructeurs en locomotion.....	5
Educateurs .....	5
Conclusion.....	6
Outils de prototypage rapide .....	7
Logiciels de modélisation 3D.....	7
Imprimantes 3D.....	19
Cartes microcontrôleurs .....	27
Programmation informatique facile.....	33
Exemples de supports pédagogiques ou éducatifs conçus dans le cadre du projet GeoAccess .....	38
Témoignage de Nathalie Bedouin, Transcriptrice à l'IJA, Toulouse.....	44
Recommandations pour les personnels spécialisés .....	52

## CONTEXTE

---

Les professionnels de la déficience visuelle ont besoin de supports tangibles, tactiles et multisensoriels pour accompagner les apprentissages des enfants déficients visuels. En général ces supports sont des dessins, des cartes, des objets avec des reliefs, des textures, qui sont accompagnés de légendes en Braille. Cependant ces supports sont difficiles à produire et relativement onéreux. De nouvelles technologies pourraient permettre de les produire plus facilement et à plus grande échelle.

La méthode « Do-It-Yourself »<sup>1</sup> prend ses racines dans le bricolage maison initié dans les années 70. Aujourd'hui, de nombreux outils technologiques peu onéreux ont été conçus et permettent de fabriquer des objets avec des reliefs et des textures, qui déclenchent des sons ou des descriptions verbales lorsqu'ils sont manipulés. Ces objets peuvent être fabriqués assez facilement et peuvent être adaptés au besoin de chacun. Parmi ces outils, il faut citer tout d'abord **l'impression 3D** qui a révolutionné le monde de la conception d'objets. Cette impression 3D se démocratise par le coût de plus en plus bas du matériel, mais aussi grâce à des interfaces graphiques de **modélisation 3D** de plus en plus faciles à utiliser. Il faut aussi citer **les cartes microcontrôleurs** à très bas coût et très faciles à programmer. Elles sont accompagnées de **logiciels de programmation** informatique gratuits et faciles à utiliser qui permettent de rendre des objets (comme par exemple des objets imprimés en 3D) interactifs.

Dans ce document, nous présentons tout d'abord une analyse des besoins des professionnels de la déficience visuelle. Ensuite, nous faisons un panorama des nouvelles technologies de prototypage rapide qui peuvent être utilisées pour répondre aux besoins des professionnels de la déficience visuelle. Nous avons référencé un grand nombre de ces technologies présentées selon quatre chapitres : modélisation 3D, imprimantes 3D avec les matériaux nécessaires à l'impression, microcontrôleurs à bas coût, et logiciels de programmation faciles d'accès. Pour finir, nous proposons des recommandations pour permettre aux professionnels de la déficience visuelle de s'approprier ces nouveaux outils. Nous finissons par des exemples de prototypes qui ont été réalisés par des professionnels de la déficience visuelle.

---

<sup>1</sup> Voir [https://fr.wikipedia.org/wiki/Do\\_it\\_yourself](https://fr.wikipedia.org/wiki/Do_it_yourself)

## ANALYSE DES BESOINS A L'INSTITUT DES JEUNES AVEUGLES

---

Lors des observations, nous avons identifié de nombreuses difficultés rencontrées par les professionnels et les élèves déficients visuels. En effet, les élèves doivent apprendre différents concepts et notions, que ce soit en géographie, mathématiques, histoire, etc., en l'absence de perception visuelle ou avec une perception visuelle très limitée. Ainsi, l'adaptation du matériel pédagogique est nécessaire, et dépend du type de leçon, du niveau de connaissances, mais également des capacités sensorielles (visuelles et auditives) et cognitives des participants. L'adaptation est d'autant plus difficile que les formateurs ne sont pas formés à cette tâche et qu'ils doivent suivre un programme imposé par l'éducation nationale qui ne prend pas en compte les contraintes de l'enseignement spécialisé. A cela s'ajoutent les obligations qui incombent à tout enseignant, c'est-à-dire qu'ils doivent proposer aux élèves des tâches faisables, perçues comme utiles et permettant des apprentissages (Bruillard, 1997) .

En termes d'adaptation, les enseignants d'histoire et géographie doivent fréquemment transformer des cartes visuelles en cartes tactiles. Pour cela, ils utilisent des fours qui permettent de faire gonfler l'encre noire d'une carte et donner un relief au dessin de la carte. Les instructeurs en locomotion doivent fournir aux élèves un modèle physique d'une zone géographique à l'aide de divers objets (aimants ou blocs LEGO®). Les éducateurs doivent créer de toute pièce des activités ludiques qui captent l'attention de l'élève qui ont un niveau de concentration très bas ; leur besoin d'interactivité est donc d'autant plus fort. En somme, les formateurs tentent de résoudre leur problème d'adaptation par une sorte de bricolage « papier-colle ». L'adaptation du matériel reste alors incomplète et insatisfaisante. Ainsi, ces méthodes ne permettent pas de répondre aux besoins des formateurs pour chaque contexte, chaque activité et chaque élève. Plusieurs besoins, résumés ci-après, découlent de ces difficultés selon le métier exercé.

### ENSEIGNANTS SPECIALISES

---

Les enseignants spécialisés de L'IJA travaillent au sein du centre mais également dans les écoles primaires et secondaires extérieurs dû à l'intégration des enfants handicapés dans les écoles classiques. Ils encadrent des enfants déficients visuels pouvant avoir des troubles associés à la déficience visuelle (auditifs, cognitifs, moteurs). Ceci dit, les enfants concernés ont un bon degré d'autonomie dans la vie quotidienne et un bon niveau de communication. Les enseignants spécialisés ont pour mission d'accompagner l'enfant en classe pour lui permettre d'avoir accès au contenu du cours enseigné par l'enseignant non spécialisé mais accompagne également cet enseignant pour permettre une prise en compte du handicap dans le déroulement de l'activité scolaire. De ce fait, ils sont amenés à réaliser de nombreuses adaptations du matériel pédagogique. Ainsi, plusieurs besoins découlent de l'activité des enseignants spécialisés. Ils sont résumés ci-après :

- les outils doivent être adaptés à la situation de la classe. Par exemple, l'emplacement de l'outil dans la classe doit être accessible à tous, même aux enfants sans handicap. Il faut également penser à l'encombrement causé par l'outil. Il est nécessaire qu'il y ait la place de l'installer dans la classe ;
- les outils doivent être facilement transportables car les enseignants se déplacent de classe en classe ;

- les outils doivent être modulables dans le sens qu'il soit possible d'inhiber ou rajouter certaines fonctionnalités (par ex, enlever certaines informations pour que l'enfant puisse apprendre en autonomie à la maison) ;
- les outils doivent être adaptés aux différents troubles de l'enfant (surdité, retard intellectuel, etc.)
- créer du lien social entre les enfants déficients visuels et les autres de la classe ;
- augmenter l'intérêt des enfants en classe.

---

## INSTRUCTEURS EN LOCOMOTION

---

Les instructeurs en locomotion de l'IJA encadrent des enfants déficients visuels de 6 à 20 ans pouvant souffrir de troubles associés (auditifs, cognitifs, moteurs) ainsi que des adultes en réinsertion professionnel.

Les instructeurs en locomotion ont pour mission de fournir un maximum d'autonomie lors du déplacement de la personne d ficiante visuelle. De ce fait, ils ont besoin de fournir une bonne compréhension de l'environnement à l'élève. Pour cela, ils doivent fournir une représentation mentale de la zone de déplacement. Ils apprennent alors à l'élève à analyser la situation avec les moyens qu'ils ont, tels que des aimants, au mieux des blocks LEGO® Duplo®. Par conséquent, pour expliquer des environnements complexes tels que c'est le cas pour un milieu urbain, leurs moyens sont très limités, entraînant des différences entre les élèves qui n'ont pas les mêmes capacités d'abstraction de la situation. Ainsi, les besoins des instructeurs en locomotion qui découlent de cette limitation sont résumés ci-après :

- créer facilement une représentation d'une situation donnée ;
- pouvoir représenter un objet très spécifique tel qu'un tournant de trottoir particulier ;
- bonne affordance des objets de représentation ;
- permettre à l'élève de fournir sa représentation de la situation avec des outils facilement manipulables ;
- Bonne adaptabilité des outils aux différents troubles de l'élève (troubles auditifs, troubles cognitifs, etc.).

---

## EDUCATEURS

---

Les éducateurs de L'IJA travaillent au sein de l'Unité Educative et Thérapeutique. Cette unité accueille des enfants déficients visuels de moins de 20 ans souffrants de troubles auditifs (surdité totale ou déficience auditive profonde), ou de troubles sévères du comportement, ou encore de troubles envahissants du développement (autisme, par exemple). Dans le cadre du suivi du projet pédagogique de chaque enfant, les éducateurs créent des activités adaptées à chaque élève qui peuvent avoir des troubles variés et différents d'un enfant à l'autre. Ainsi, les besoins des éducateurs qui en découlent sont fonction de cette prise en charge. Nous les avons résumés ci-après :

- transmettre le concept souhaité de manière ludique ;
- l'activité doit être personnalisable aux différents troubles associés de l'enfant ;
- développer le niveau de concentration chez les enfants qui est assez bas à cause de leurs troubles cognitifs associés (l'un des éducateurs juge le temps de concentration à 2.30 minutes sur 5 minutes d'activité) ;
- développer les centres d'intérêts chez ces enfants car peu de centres d'intérêts (par exemple, les motiver à utiliser un stylo) ;
- solliciter la curiosité des enfants ;
- créer une complicité entre l'enfant et l'éducateur.

Ce dernier critère est très important pour les éducateurs car leur permet de transmettre du savoir à l'enfant qui apprend à s'amuser, d'où l'intérêt des objets interactifs avec lesquels l'éducateur va pouvoir voir en direct le comportement de l'enfant, va savoir s'il a compris la notion véhiculée et réagir en fonction. Par ailleurs, comme ils sont également responsables des enfants dans tous les moments de la vie quotidienne (repas, toilette, etc.), le problème majeur est de trouver le temps de création ou d'adaptation des activités. En effet, ils ont de nombreuses idées inabouties car elles leur demanderaient un certain apprentissage dans le domaine électronique ou informatique. Lors d'une étude auprès des éducateurs de l'IJA, Barbosa (2014) a montré que leurs compétences informatiques étaient de 2,08/5 et leurs compétences électroniques étaient de 1,44/5. Ainsi, cet apprentissage leur prendrait trop de temps. Or, la méthode « Do-It-Yourself » leur permettrait de dépasser ces barrières à partir des outils de prototypage rapide simples d'utilisation tels que le « Makey Makey » ou la « Touch Board ». Ainsi, cette méthode pourrait être une solution adaptée pour répondre à leurs besoins.

## CONCLUSION

---

De manière générale, les formateurs spécialisés pour les déficients visuels ont besoin d'outils :

- multi-sensoriels (haptique, olfactif, auditif, etc.) ;
- adaptables aux différents profils des déficients visuels ;
- qui n'introduisent pas de paramètres intrusifs pouvant déconcentrer l'élève ;
- ludiques et créatifs pour intéresser l'élève ;
- peu coûteux ;
- prise en main rapide et intuitifs dans leur manipulation du fait que la plupart des formateurs ne sont pas technophiles.

Les outils de prototypage rapide et la méthode « Do-It-Yourself » semblent constituer une réponse adaptée aux différents besoins des professionnels de la déficience visuelle.

## OUTILS DE PROTOTYPAGE RAPIDE

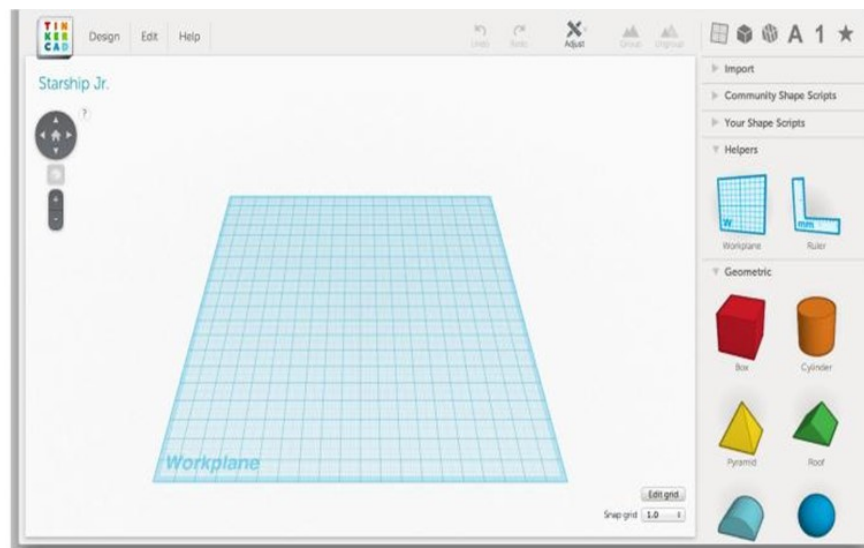
### LOGICIELS DE MODELISATION 3D

La modélisation 3D consiste à créer un objet en trois dimensions de manière graphique (sous forme de dessin) à partir d'un **logiciel de modélisation 3D**. Nous listons ci-après un ensemble de logiciels les plus répandus permettant de faire de la modélisation 3D. Nous commençons par les deux plus simples, que nous recommandons pour les professionnels qui veulent se lancer. Les communautés et les tutoriaux en ligne permettront de débiter.

#### LES PLUS SIMPLES

##### TINKERCAD

Application web, gratuite et très simple d'utilisation. Importation de modèles possibles. Néanmoins, il n'y a pas de modèles de textures différentes, il faut le faire à la main ou importer des textures réalisées avec un autre logiciel comme le logiciel Blender par exemple.

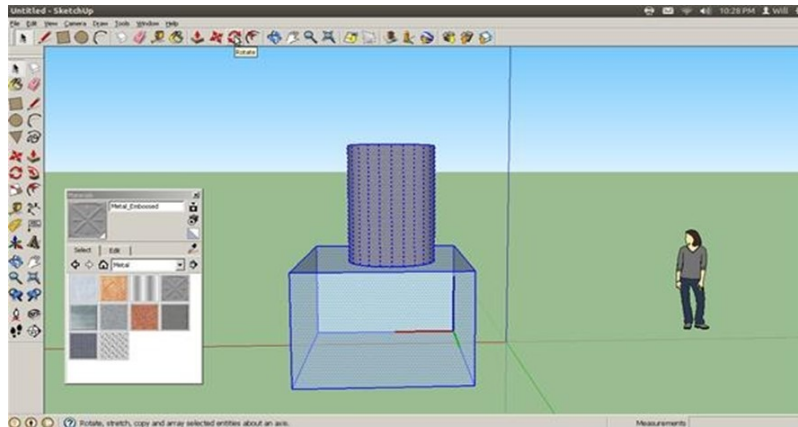


Où le trouver : <https://www.tinkercad.com/>

##### SKETCHUP MAKE

Logiciel gratuit et facile d'utilisation. Il permet de réaliser différentes textures. Bonne communauté. Avec le logiciel Blender, il fait partie des logiciels de modélisation 3D les plus utilisés.





Où le trouver : <http://www.sketchup.com/fr/download?sketchup=make>

---

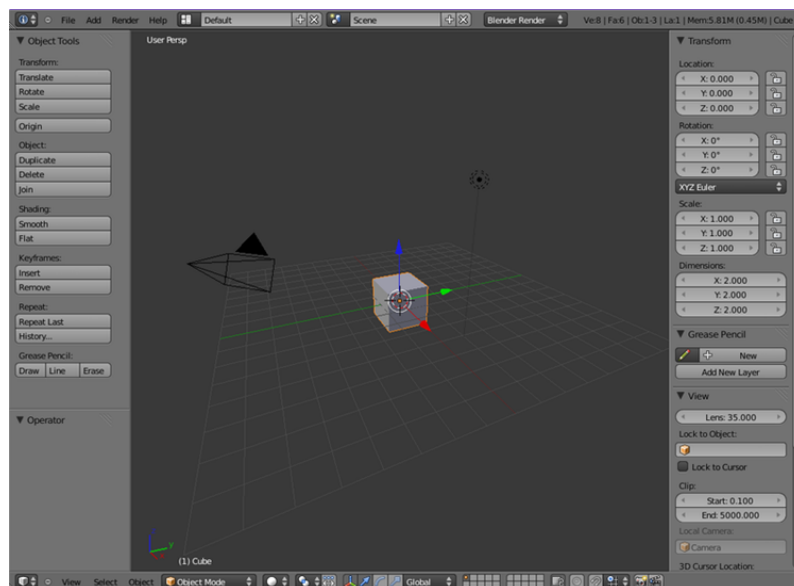
## PLUS COMPLIQUES MAIS PLUS PUISSANTS

---

### BLENDER

Logiciel gratuit et libre. Logiciel le plus utilisé en 3D. Logiciel pour experts mais plus puissant en termes de rendus, de calculs. Il est plus adapté à l'animation, jeux vidéo, etc. Il permet notamment de faire des textures, ce que ne permet pas TinkerCad. Ceci dit, ces textures sont importables sur TinkerCad une fois réalisé sur Blender.

Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



Où le trouver : <https://www.blender.org/>

---

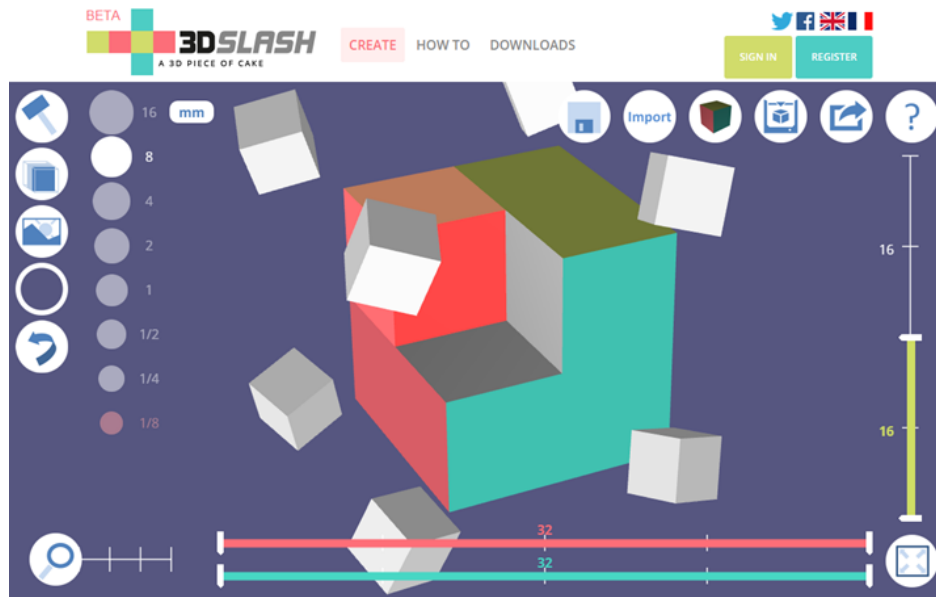
## LES AUTRES

---



## 3D SLASH

Application web mais également application locale à installer (plus puissante et fluide). Néanmoins, la première application ne nécessite pas d'installation, ni d'enregistrement. Application gratuite et simple d'utilisation où il faut partir d'une forme et casser des cubes pour réaliser la forme souhaitée. Il est même possible d'importer une photo et de découper autour pour être guidé lors de la modélisation 3D de l'objet. Même problème que Tinkercad pour les textures. Application nouvelle, donc la communauté doit être réduite.

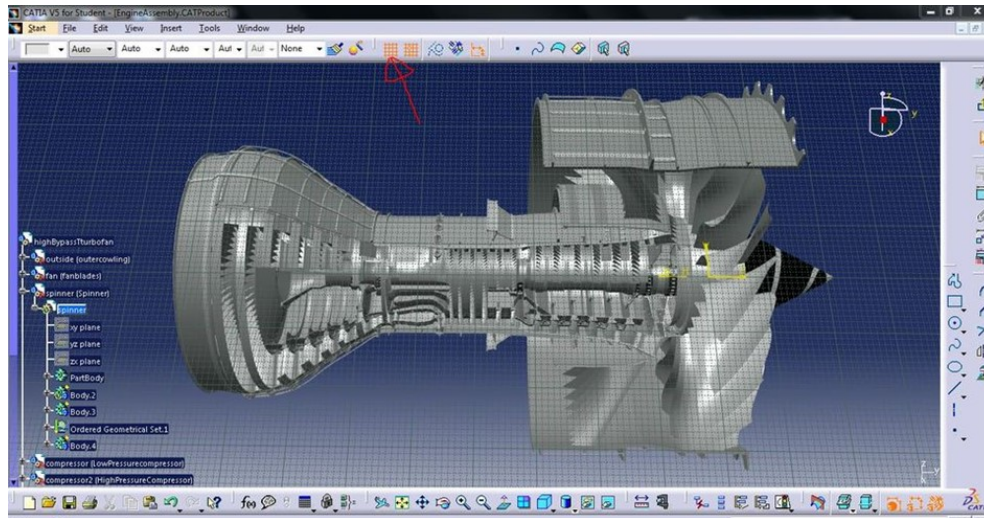


Où le trouver : <https://www.3dslash.net/index.php>

## CATIA

Logiciel payant à usage professionnel. Très puissant avec beaucoup de fonctionnalités mais très compliqué à prendre en main.

Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.

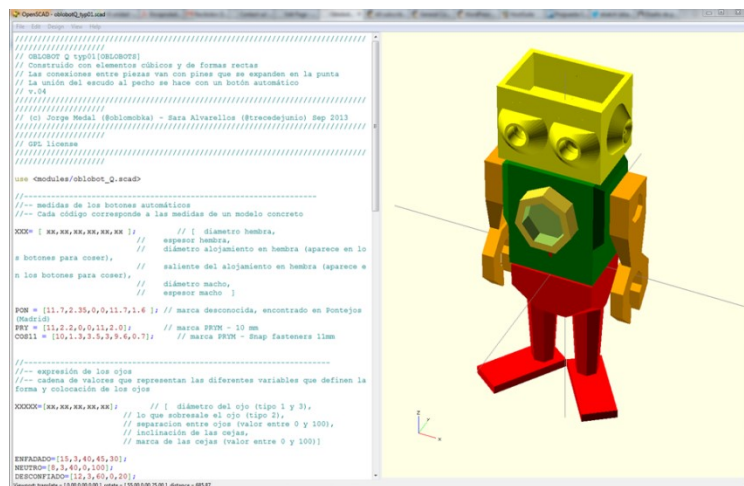


Où le trouver : <http://www.3ds.com/fr/produits-et-services/catia/>

## OPENSCAD

Logiciel libre et gratuit de création d'objets 3D complexes à partir de la programmation (rédaction d'un script).

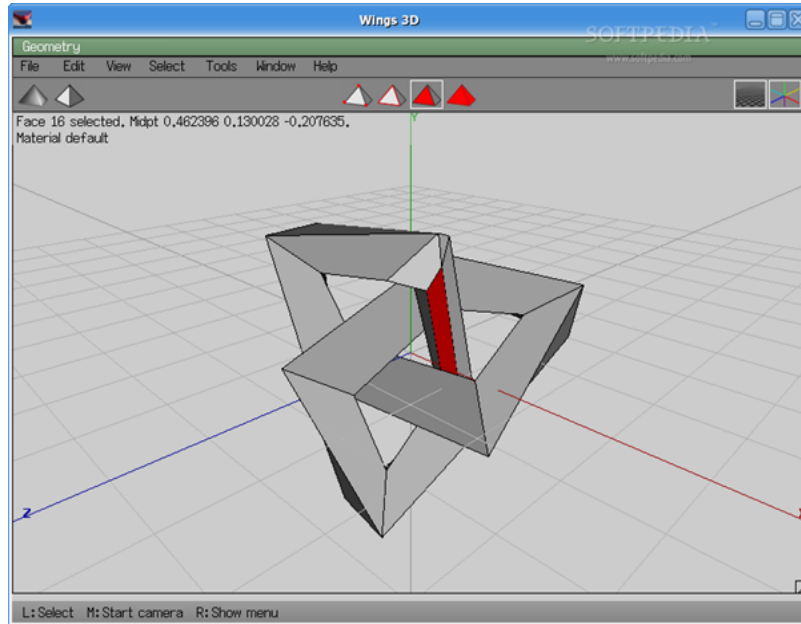
Besoin de connaissances en langage informatique. Prise en main trop compliquée. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



Où le trouver : <http://www.openscad.org/>

## WINGS 3D

Logiciel libre et gratuit de modélisation avec un haut niveau de subdivisions et assez facile d'utilisation mais reste plus compliqué que TinkerCad ou SketchUp. Il permet de créer différentes textures.

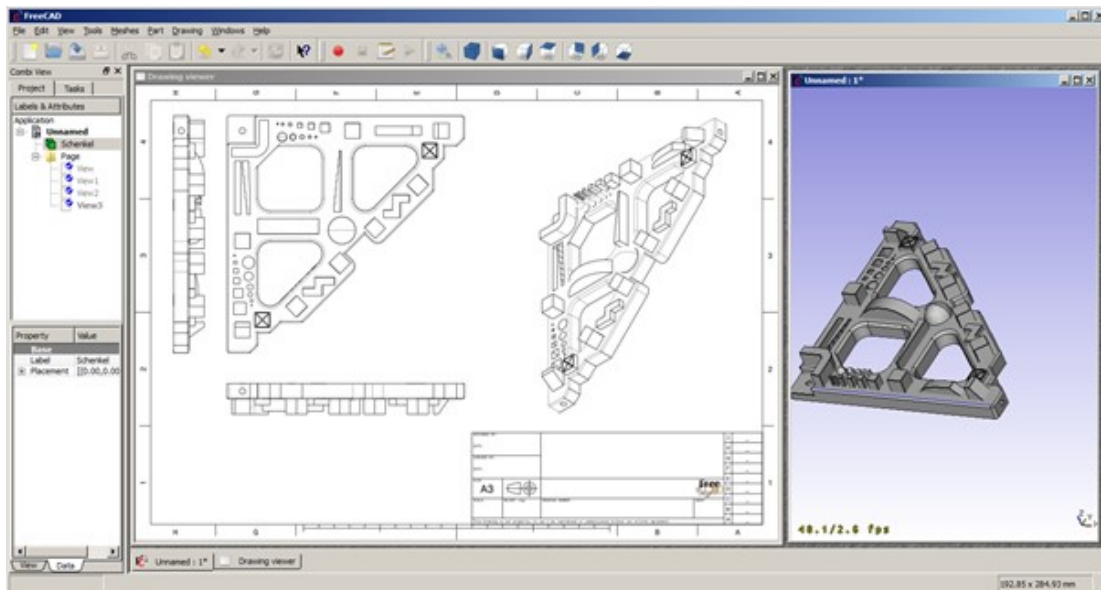


Où le trouver : <http://www.wings3d.com/>

## FREECAD

Logiciel libre et gratuit. Logiciel paramétrable orienté design industriel. Plutôt destiné aux pièces mécaniques et à l'architecture.

Besoin de connaissances en langage informatique. Prise en main compliquée. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



Où le trouver : <http://freecadweb.org/>

## 3DS MAX

Logiciel très utilisé mais payant.

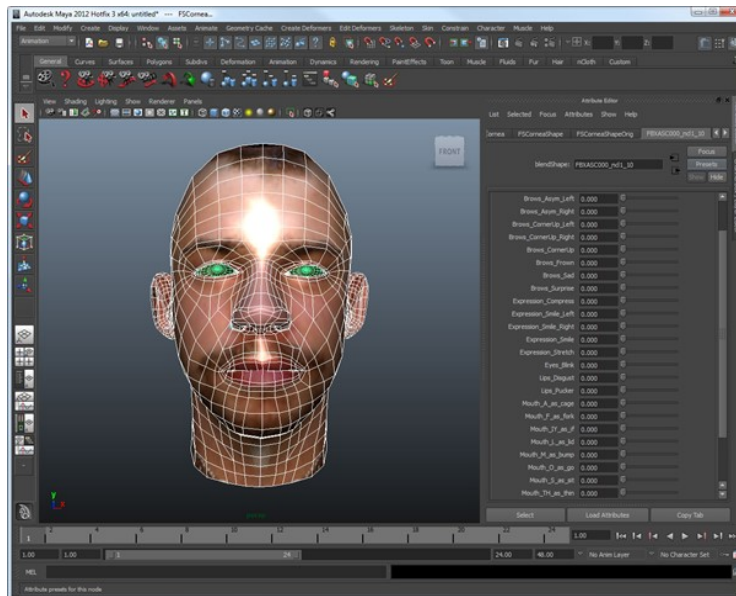
Logiciel de modélisation 3D, animation et système de rendu 3D. Bonne communauté en français. Néanmoins, cela concerne davantage l'animation. Logiciel plus difficile à manipuler. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



Où le trouver : <http://www.autodesk.fr/products/3ds-max/overview>

### MAYA

Même chose que 3ds Max en moins connu. Logiciel payant. Interface plus agréable à utiliser. Communauté anglaise.

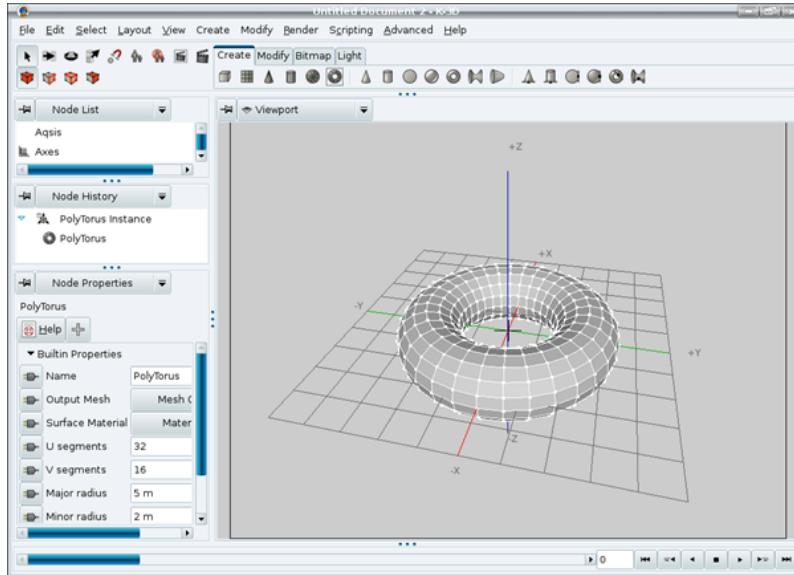


Où le trouver : <http://www.autodesk.fr/products/maya/overview>

### K-3D



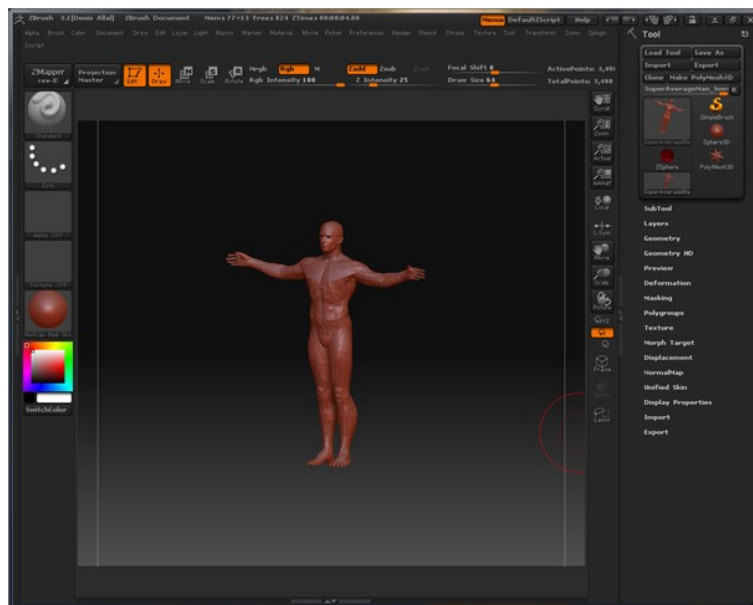
Même chose que les 2 précédents logiciels. Logiciel gratuit. Prise en charge des lignes de commandes en langage de types JavaScript et Python.



Où le trouver : <http://www.k-3d.org/>

## Z-BRUSH

Logiciel payant qui est davantage destiné à un public de professionnel de l'infographie. Il permet de faire différentes textures qui peut être importées sur d'autres logiciels 3D. Prise en main trop compliquée. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.

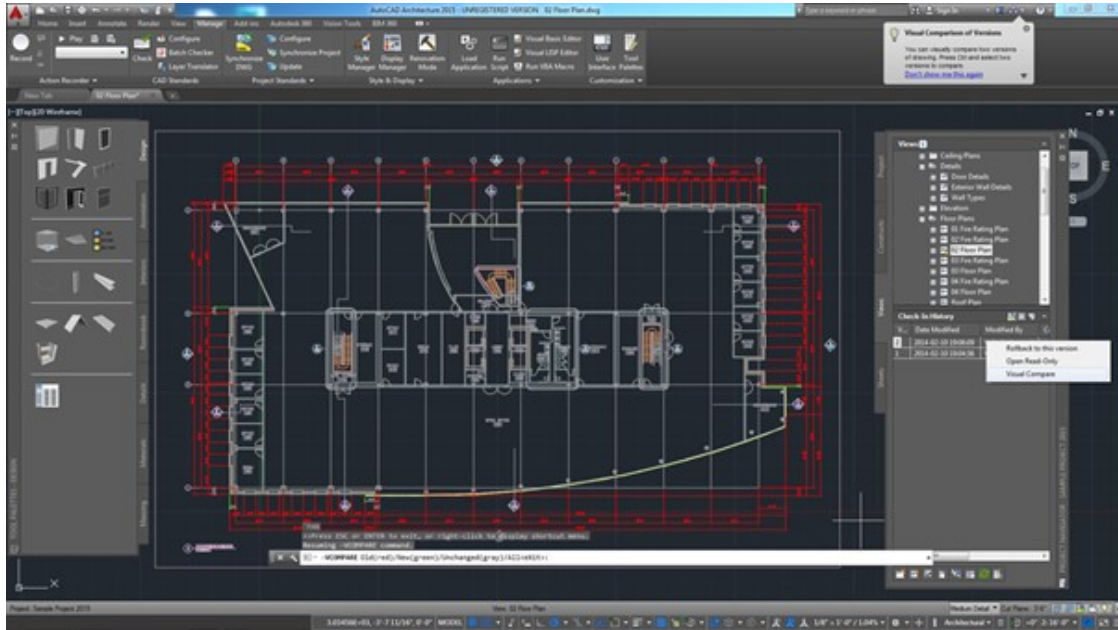


Où le trouver : <http://www.zbrush.fr/>

## AUTOCAD

Logiciel payant qui est davantage destiné pour l'architecture, l'électronique et la mécanique.

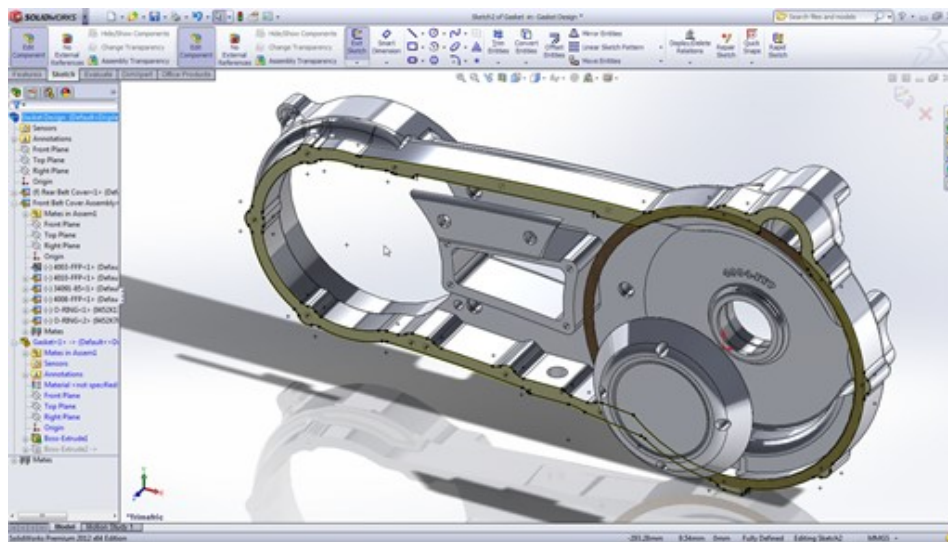
Prise en main trop compliquée. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



Où le trouver : <http://www.autodesk.fr/products/autocad/overview>

## SOLIDWORKS

Logiciel payant. Idem que le précédent logiciel. Prise en main trop compliquée. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.

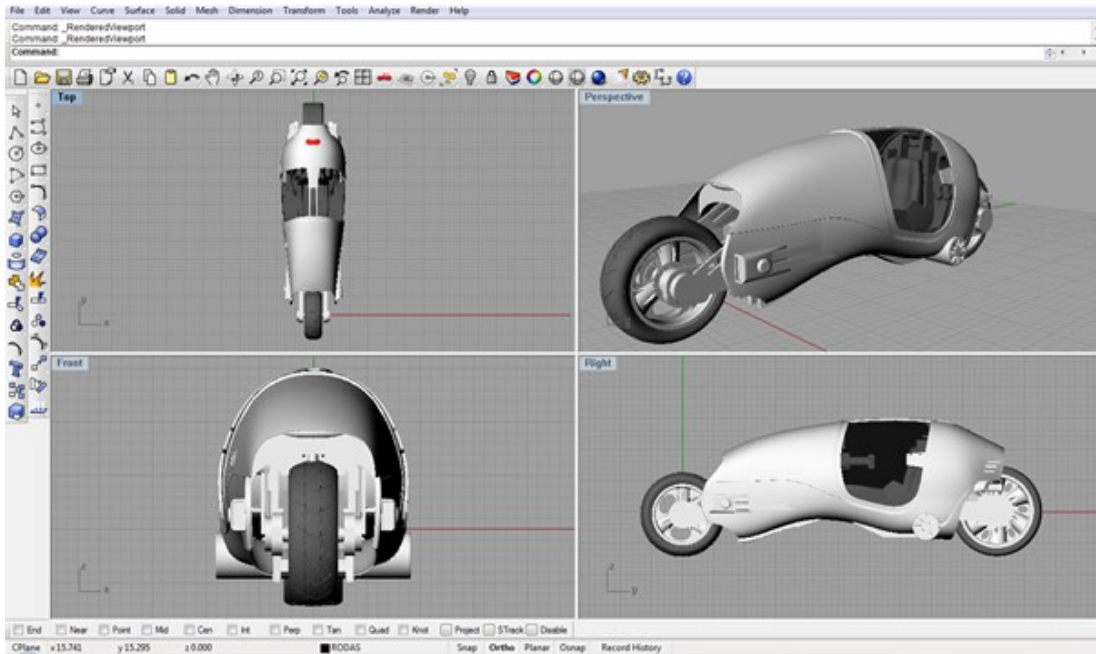


Où le trouver : <http://www.solidworks.fr/>

## RHINOCEROS 3D

Logiciel utilisé plutôt dans le design industriel et l'architecture. Logiciel payant pour les professionnels. Logiciel moins technique que SolidWorks.

Prise en main trop compliquée. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



Où le trouver : <https://www.rhino3d.com/fr/>

---

### AUTRES

Et bien d'autres comme le logiciel Cinema4D, Art of illusion, OpenFX, LightWave 3D, Modo, SolidEdge, etc. La liste n'est donc pas exhaustive mais cela recense les logiciels de modélisation 3D les plus réputés.

---

### LOGICIELS DE DESSIN VECTORIEL

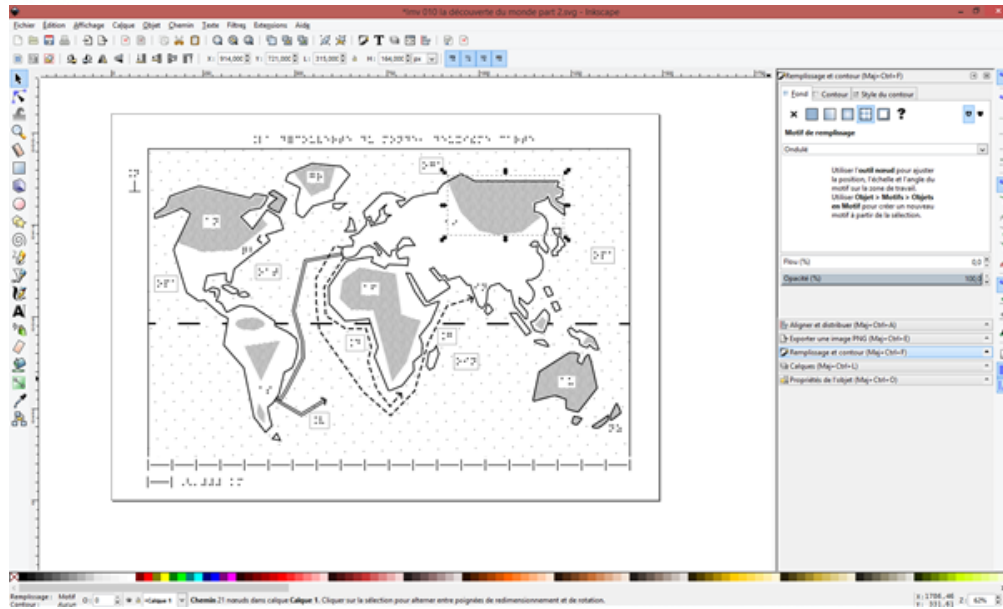
Nous donnons ici deux exemples de logiciels permettant de faire des dessins vectoriels car cette activité est récurrente chez les professionnels. Ils ne sont pas destinés à faire des modèles 3D imprimables mais permettent de retoucher des images vectorielles.

---

### INKSCAPE

Logiciel libre de dessin vectoriel. Cela permet de redimensionner à n'importe quelle taille. Logiciel déjà plus compliqué. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.

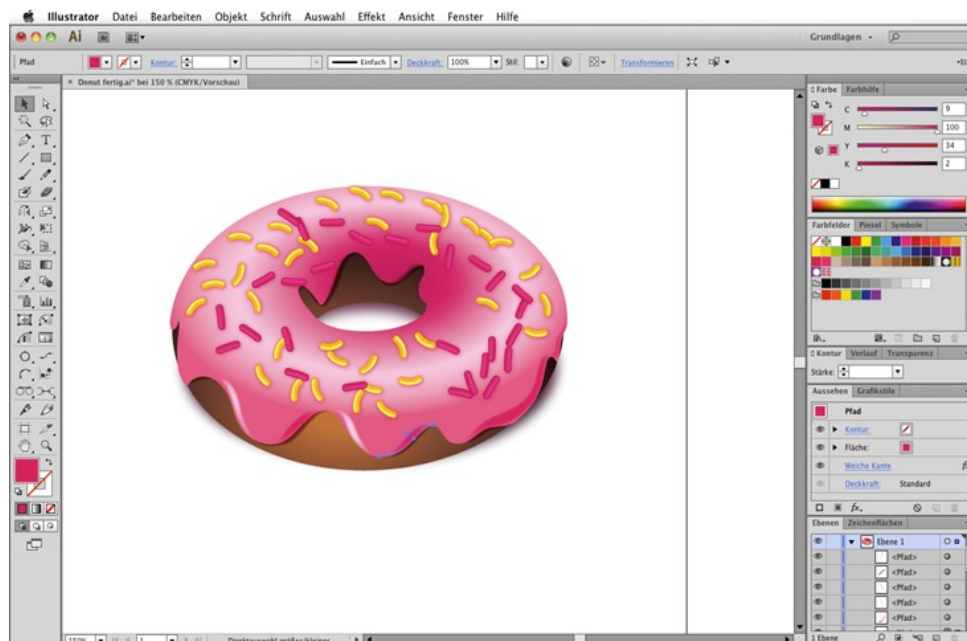




Où le trouver : <https://inkscape.org/>

## ILLUSTRATOR

Logiciel payant (Adobe). Même chose qu'Inkscape mais en plus lourd. Besoin de formation pour apprendre à manipuler le logiciel.



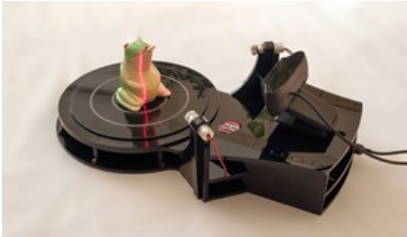


Où le trouver : <http://www.adobe.com/fr/products/illustrator.html>

## MODELES 3D DEJA DISPONIBLES

Par ailleurs, il est également possible de télécharger des modèles déjà réalisés par d'autres utilisateurs sur le site web : [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com) et les imprimer directement.

## SCANNERS 3D

Une autre technologie existe pour créer des modèles 3D qui pourront ensuite être imprimés. Il s'agit du scanner 3D qui est un outil permettant de numériser un objet. Le scanner relève la géométrie de l'objet pour la convertir en un modèle numérique. Une fois ce modèle réalisé, il peut être modifié dans un logiciel de modélisation 3D avant d'être reproduit par une imprimante 3D. Sans rentrer dans les détails techniques, différents types de scanner 3D existent tels que le scanner laser ou le scanner à lumière blanche, portable ou pas.

		
<p>Scanner laser</p>	<p>Scanner à lumière blanche</p>	<p>Scanner portable à lumière blanche</p>

## TABLEAU DE SYNTHÈSE

Logiciel de modélisation 3D	Niveau d'expertise nécessaire	Compatible sous	Prix
TinkerCad	Faible	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
Sketchup Make	Faible	Windows, Mac OS	Gratuit
Blender	Elevé	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
3D Slash	Faible	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
Catia	Elevé	Windows	Payant
OpenScad	Elevé	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
Wings 3D	Moyen	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
FreeCad	Elevé	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
3ds Max	Elevé	Windows	Payant
Maya	Elevé	Windows, Mac OS, Linux	Payant
K-3D	Elevé	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
Z-Brush	Elevé	Windows, Mac OS	Payant
AutoCad	Elevé	Windows, Mac OS	Payant
SolidWorks	Elevé	Windows	Payant
Rhinoceros 3D	Elevé	Windows, Mac OS	Payant
Inkscape	Moyen	Windows, Mac OS, Linux	Gratuit
Illustrator	Elevé	Windows, Mac OS	Payant

Nous recommandons d'utiliser Tinkercad ou pour Sketchup Make pour réaliser ses propres modèles 3D. Afin de faciliter le démarrage, il est aussi possible d'importer des modèles déjà existants ([www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)) afin de les imprimer directement ou de les modifier.

## IMPRIMANTES 3D

---

L'impression 3D est un procédé de fabrication permettant de produire un objet physique à partir d'un modèle réalisé avec un logiciel de modélisation 3D. A partir de ce modèle, l'imprimante 3D dépose ou solidifie de la matière couche par couche pour obtenir l'objet désiré. Nous listons ci-après un ensemble d'imprimantes 3D les plus répandues avec les différents matériaux qu'il est possible d'utiliser avec ces imprimantes.

---

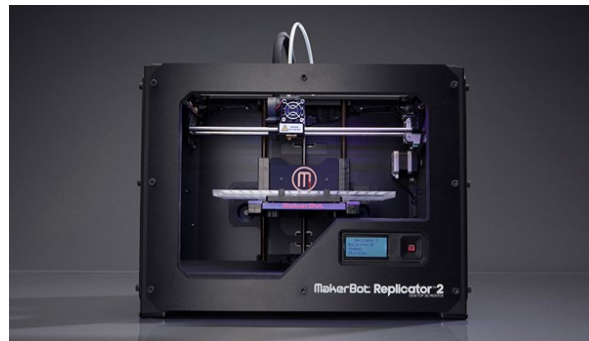
### SIMPLES ET PAS TROP CHERES

---

#### MAKERBOT

---

Replicator 2 : Imprimante 3D très simple d'utilisation mais peut s'abîmer à force d'utilisation. Bonne capacité d'impression (285\*153\*155 mm). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Elle n'est compatible qu'avec du PLA. **Elle est considérée comme l'une des meilleures imprimantes 3D pour les débutants.** Livrée assemblée. Prix plus important : 2500 euros. La 5<sup>ème</sup> génération est sortie et semble encore plus complète. A vérifier si cela ne complique pas son utilisation.



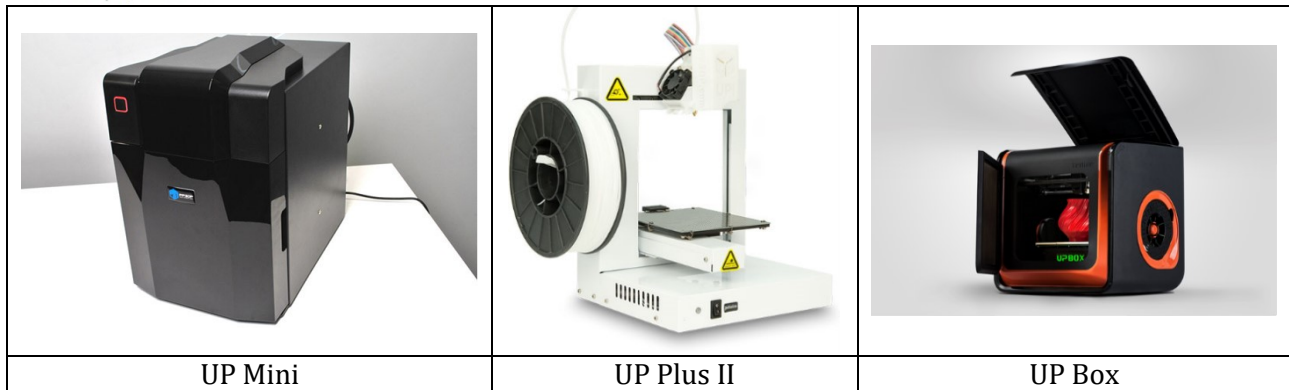
---

#### UP

---

PP3DP : Imprimante 3D avec un préchauffage assez long (15 min environ). Capacité d'impression assez faible (120\*120\*120 mm pour la UP mini ou 140\*140\*135 mm pour la UP Plus II). Cela s'arrange avec la UP Box (255\*205\*205 mm). Elle peut imprimer avec du PLA et ABS. Imprimante fermée, donc mauvaise visibilité pour la UP mini et la UP Box mais ce problème est réglé avec la UP Plus II. Livrée assemblée.

**Prix peu élevé pour la UP mini : 750 euros** mais cela augmente avec la UP Plus II : 1500 euros et encore plus avec la UP Box : 2300 euros.



### CUBE

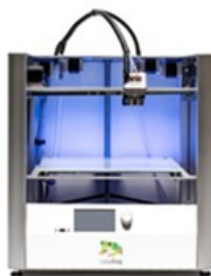
Cubify : Imprimante 3D avec une prise en main facile. Elle peut imprimer avec du PLA et ABS. Capacité d'impression assez faible (140\*140\*140 mm). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée assemblée. Durée de garantie réduite : 90 jours. Prix : 1500 euros.



### LES AUTRES

#### LEAPFROG

Creatr HS : Imprimante 3D à 2 têtes (une tête pour le fil soluble et une tête pour le fil standard). L'intérêt, c'est que cela évite d'être embêté par des imperfections ou impuretés, la deuxième tête crée un socle soluble autour de l'objet. Un fois imprimé, il suffit de le nettoyer à l'eau et le socle part. Elle peut imprimer avec du PLA, ABS, PVA et nylon. Bonne capacité d'impression (300\*210\*180 mm). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée assemblée. Prix : 2400 euros.



#### ULTIMAKER

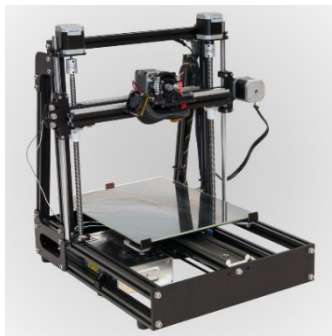
Imprimante 3D jugée comme la meilleure qualité d'impression (nettement supérieure à la concurrence). Elle peut imprimer avec du PLA, ABS, filaments spéciaux, nylon et bois. Importante capacité d'impression (230\*225\*205 mm). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée assemblée. Prix : 2300 euros.



---

### REPRAP

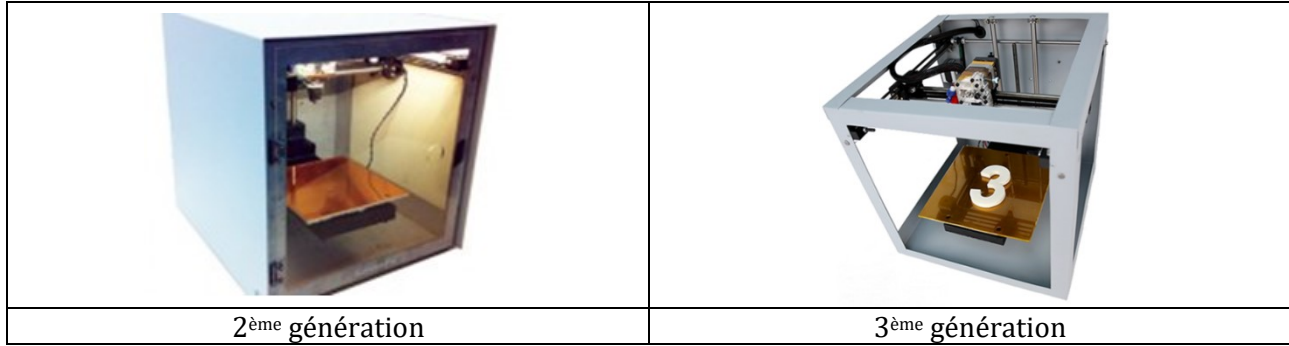
MendelMax 2 : Imprimante 3D livrée en kit à monter soi-même. Importante capacité d'impression (230\*310\*225 mm). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Il est possible de mélanger les couleurs ou les matières (ABS, PLA, nylon, filament de bois, etc.). Imprimante davantage destiné aux technophiles. Prix : 1300 euros.



---

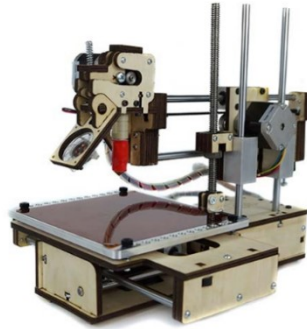
### SOLIDOOLE

Imprimante 3D peu chère (moins de 700 euros pour la 3<sup>ème</sup> génération et moins de 400 euros pour la 2<sup>ème</sup> génération). Importante capacité d'impression pour la 3<sup>ème</sup> génération (203\*203\*203 mm). En revanche, cette capacité baisse pour la deuxième génération (152x152x152). Elle peut imprimer avec du PLA et ABS. Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée assemblée.



### PRINTRBOT

Jr. V2 : Imprimante 3D peu chère (moins de 400 euros). Capacité d'impression assez faible (150\*150\*150 mm). Elle peut imprimer avec du PLA et ABS. Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée en kit ou assemblée.



### FORMLABS

Form 2 : Imprimante 3D qui utilise de la résine liquide. Elle permet de réaliser des objets complexes et aérés. Capacité d'impression raisonnable (145\*145\*175 mm). Imprimante fermée mais cache transparent, donc la visibilité reste bonne. Ecran tactile. Imprimante assez chère : 3300 euros.



### HYREL

E2 Hobbyist : Imprimante 3D qui a l'avantage de pouvoir mélanger de nombreux matériaux et couleurs comme l'argile sèche, la silicone, la pâte Play-Doh, PLA, ABS, etc. Bonne capacité



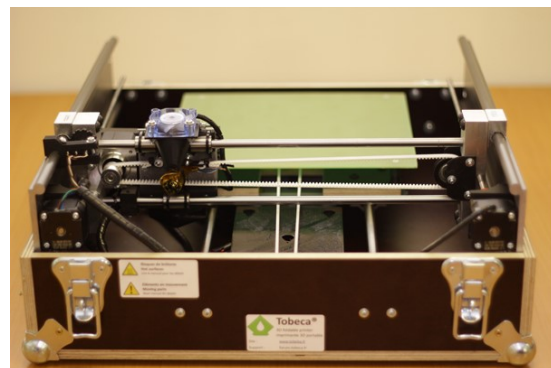
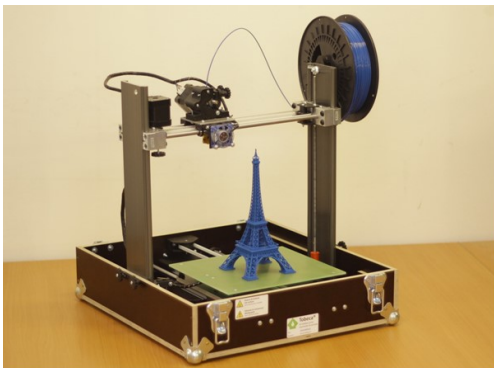
d'impression (200\*200\*200 mm). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée assemblée.  
Prix : 1600 euros (+ frais pour les extrudeurs).

Nouvelle société, donc pas de communauté.



TOBECA

Version 2 : Imprimante 3D démontable (en 2 min) et transportable. Bonne capacité d'impression (200\*200\*250 mm). Elle peut imprimer avec tous types de filaments (PLA, ABS, filaments spéciaux). Imprimante ouverte, donc bonne visibilité. Livrée en kit ou assemblée. Prix : 800 euros.



Et bien d'autres comme l'imprimante Lulzbot Taz 4 (similaire à la Reprap), Zortrax M200 (bon rapport qualité/prix), Beethefist, Dremel, etc.

## MATERIAUX IMPRIMANTE 3D

Une imprimante 3D dépose de la matière afin de créer l'objet. Il existe plusieurs matières dont le coût et la facilité d'utilisation peuvent varier.



**PLA** : issu d'amidon de maïs, ce filament présente l'avantage d'être **biodégradable**, c'est un **bioplastique**. Son utilisation ne nécessite pas la présence d'un plateau chauffant. Il sera moins résistant à l'eau. Par contre, **on pourra peindre l'objet 3D, le poncer, le vernir**. La température de fusion est entre 90°C et 220°C. Prix : 20 €/kg

**ABS** : il s'agit d'un plastique très commun. On le croise dans un grand nombre d'objets de notre quotidien. Ce filament se caractérise par une bonne résistance aux chocs et aux écarts de température (-20°C et 80°C). L'objet imprimé avec du fil ABS présentera une surface lisse et brillante. Il est difficile à faire tenir sur le plateau de construction. La température de fusion est entre 200°C et 260°C. Prix : 25 €/kg

**PVA** : filament soluble à l'eau. Lorsque l'on dispose d'une imprimante 3D double extrudeur, il est alors possible de combiner les deux matériaux et de créer des supports d'impression en PVA qui seront ensuite dissous en trempant l'objet 3D dans l'eau. Il devient possible d'imprimer des formes, par exemple en porte-à-faux, généralement impossibles à réaliser. La température de fusion est entre 190 à 200°C. Prix : 35 € (500g)

**Nylon** : Ce filament est résistant à l'acétone, à l'inverse de l'ABS et du PLA. Il permet une très bonne adhésion entre les couches. Les objets 3D en nylon présentent ainsi une bonne flexibilité. Ce thermoplastique nécessite une température d'impression élevée (jusque 260°C). Prix : 25 € à 80 € (450g)

**Filament de bois** : il est composé à 40% de bois recyclé et à 60% de polymère qui fait office de liant. Ce filament est assez fragile et il casse facilement. Il peut varier de couleur en fonction de la température d'impression. La température de fusion démarre à 70°C. Attention à ne pas dépasser 240°C car la qualité se détériore. Prix : 25 € à 40€ (500g) selon le type de bois (bambou, noix de coco, etc.)

**Filaments spéciaux** : filaments à base de liège avec une température de fusion entre 210°C et 230°C (CorkFill : 40 €) ; filaments thermosensibles, avec une température de fusion entre 170°C et 240°C, qui permet de changer de couleur en fonction de la température (30 €) ; filaments pour moulage, avec une température de fusion entre 170°C et 180°C, qui devient liquide à 270°C (ModPlay : 40 €) ; filaments très résistant à la chaleur avec une température de fusion entre 350°C et 380°C (utilisé en milieu automobile par exemple : PEEK : 189 €) ; filaments flexibles avec une température de fusion entre 210°C et 225°C (50 €) ; etc.

**Résine** : Filaments en résine notamment pour l'imprimante Formlabs. Prix : 60 € à 200 €

## TABLEAUX DE SYNTHÈSE

Nous proposons ici deux tableaux de synthèse des imprimantes 3D. Ces tableaux illustrent les capacités d'impression (taille maximale de l'objet), la vitesse d'impression et le prix de l'imprimante.

Imprimante 3D	Capacité d'impression (mm)	Épaisseur d'impression min (microns)	Vitesse d'impression (mm/s)	Visibilité
Makerbot	285*153*155	100	80- 110	Ouverte
UP mini	240*355*340	200	70	Fermée
UP Plus II	140*140*135	100	mauvaise	Ouverte
UP Box	255*205*205	100	mauvaise	Fermée
Cube	140*140*140	200	15	Ouverte
LeapFrog	300*210*180	50	300	Ouverte
Ultimaker	230*225*205	20	300	Ouverte
Reprap	230*310*225	100	150	Ouverte
Solidoodle 3 <sup>ème</sup> génération	203*203*203	100	50	Ouverte
Solidoodle 2 <sup>ème</sup> génération	152x152x152	100	50	Ouverte
Printrbot	150*150*150	100	80-100	Ouverte
Formlabs	145*145*175	25	Rapide	Fermée Cache transparent
Hyrel	200*200*200	100	_____	Ouverte
Tobeca 2	200*200*220	50	200	Ouverte

Imprimante 3D	Consommables Propriétaires ou pas	Assemblage	Prix
Makerbot	PLA	Assemblée	2500 €
UP mini	PLA, ABS	Assemblée	750 €
UP Plus II	PLA, ABS	Assemblée	1500 €
UP Box	PLA, ABS	Assemblée	2300 €
Cube	PLA, ABS	Assemblée	1500 €
LeapFrog	PLA, ABS, PVA, Nylon	Assemblée	2400 €
Ultimaker	PLA, ABS, Filament spéciaux, Nylon, Bois	Assemblée	2300 €
Reprap	PLA, ABS, Nylon, Filament de bois	En kit	1300 €
Solidoodle 3 <sup>ème</sup> génération	PLA, ABS	Assemblée	<700 €
Solidoodle 2 <sup>ème</sup> génération	PLA, ABS	Assemblée	<400 €
Printrbot	PLA, ABS	Assemblée	<400 €
Formlabs	Résine	Assemblée	3300 €
Hyrel	PLA, ABS	Assemblée	1600 €
Tobeca 2	PLA, ABS, filament spéciaux (non propriétaire)	En kit ou assemblée	800 €

## CARTES MICROCONTROLEURS

---

Il existe une gamme importante de nouvelles cartes microcontrôleurs et micro-ordinateurs très peu onéreux, qui permettent afin de concevoir rapidement et simplement des objets interactifs. Nous listons ci-après un ensemble de cartes avec leurs avantages et leurs inconvénients. A la fin du chapitre, nous énumérons également une liste de matériels conducteurs nécessaires pour réaliser des objets interactifs.

---

### LA PLUS SIMPLE

---

#### MAKEY MAKEY

---

Carte microcontrôleur très simple. Douze (12) connexions possibles. Il suffit de relier des fils avec des pinces crocodiles entre un objet conducteur et la carte. Par contre, elle doit être branchée à un ordinateur, ce qui est problématique pour certaines applications. L'utilisateur doit être « mis à la terre » pour la version 1. **Prix : 55 €**

**Pas de connaissances a priori.**

Langage compatible : Scratch, Arduino, etc.

Bonne communauté.



---

### UN PEU PLUS COMPLIQUEE MAIS PLUS PUISSANTE

---

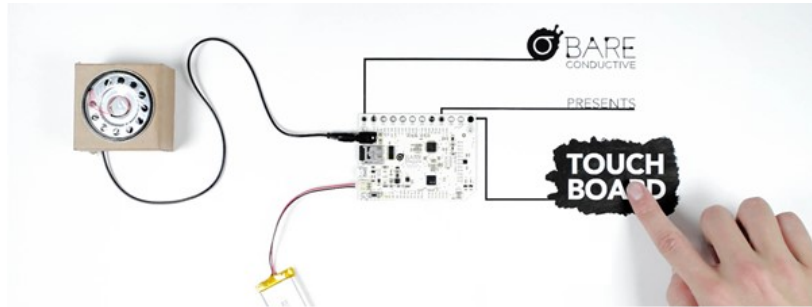
#### TOUCH BOARD

---

Cette carte est un peu plus compliquée à utiliser mais ouvre plus de possibilités pour créer des objets interactifs. Douze (12) connexions possibles. Elle peut être connectée avec des fils (comme Makey Makey) mais aussi avec de la peinture conductrice. Ne nécessite pas d'être branchée à l'ordinateur, peut être alimentée par batterie, ce qui permet de faire objets « autonomes ». Bien sûr, elle détecte une main qui touche l'objet, mais en plus, elle reconnaît une **main qui approche de l'objet** (distance proche). **Prix : 80 € à 135 €**

Langage compatible: Arduino.

Pas de connaissances a priori.



---

## POUR FAIRE DES VETEMENTS INTERACTIFS

---

Mais pas seulement...

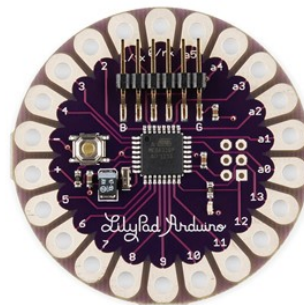
### ARDUINO

Carte microcontrôleur avec un codage en un langage particulier « Arduino » (basé sur le langage C et C++). De ce fait, moins de liberté au niveau de la programmation. Il est possible de rajouter des accessoires comme un haut-parleur, des LED, etc. La prise en main est aussi un peu plus difficile mais elle a une petite soeur (LilyPad) bien pratique pour accrocher à des vêtements ou des tissus. Ne nécessite pas d'être branchée à l'ordinateur, peut être alimentée par batterie. Bonne communauté. Prix : 15 € à 25 €



### LILYPAD

Carte microcontrôleur Arduino pour réaliser des petits objets interactifs portables, notamment pour **concevoir des textiles interactifs**. Fonctionne comme la carte précédente. Il existe la LilyPad MP3 où le MP3 est déjà incorporé dans la carte. Ne nécessite pas d'être branchée à l'ordinateur, peut être alimentée par batterie. Bonne communauté. Prix : 19 €



---

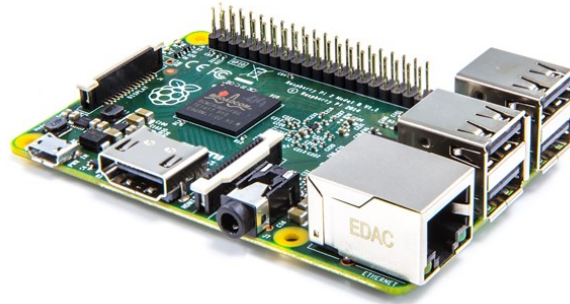
## LA PLUS PUISSANTE

---

### RASPBERRY

---

Cette carte est un véritable micro-ordinateur avec un système d'environnement (OS). Ainsi, il est possible de programmer dans n'importe quel langage et faire tout ce que vous pouvez imaginer (manipuler des fichiers, rajouter des LED, des boutons, etc.) Ceci dit, la prise en main est plus compliquée. Elle s'adresse plutôt à un public technophile. Ne nécessite pas d'être branchée à l'ordinateur, peut être alimenté par batterie. Bonne communauté. Prix : 25 € à 35 €



---

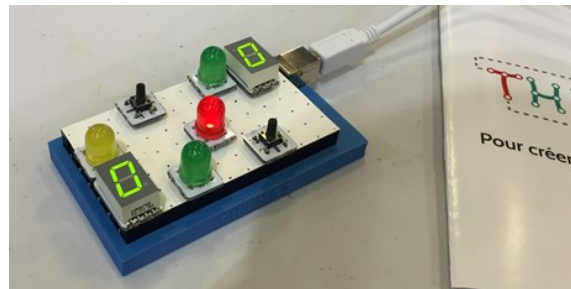
## LES AUTRES

---

### THINGZ

---

Carte microcontrôleur sous une plaque qui permet la manipulation des LED, capteurs ou autres de manière très simple. Cela s'emboîte sur la plaque à n'importe quel endroit. Il n'y a donc pas besoin de connaissances a priori. Cependant, le langage informatique utilisé est celui d'Arduino. L'interface pour communiquer avec la carte est peut être alors trop compliqué pour un formateur non-technophile. De plus, cet outil est tout nouveau, pas de communauté derrière. Prix : 39 € à 89 €



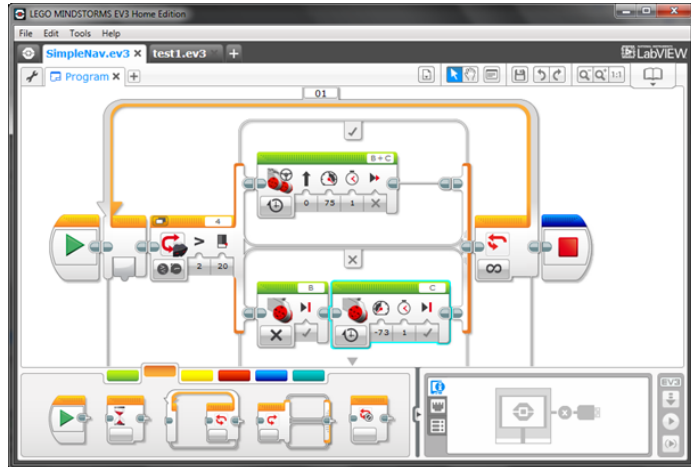
---

## LEGO MINDSTORMS

---

Il s'agit d'un jeu de construction en lego d'un objet (un robot par exemple) et de programmation avec des blocs Actions, capteurs, etc. pour faire avancer le robot ou clignoter des LED, etc. La technologie Bluetooth est désormais utilisable avec le robot. Ceci dit, cela reste limité en termes de fonctionnalités et assez cher. Prix : 370 €





## MATERIEL CONDUCTEUR NECESSAIRE

**Fils ou câbles avec pinces crocodiles ou non :** Il s'agit de câbles qui conduisent l'électricité grâce à un matériau conducteur entouré d'une enveloppe isolante (souvent du plastique). Cette solution est peu coûteuse mais peut être encombrante selon le nombre de câbles utilisés.



**Peinture conductrice ou vernis conducteur :** Il s'agit d'une peinture à étaler (en pot ou en tube) ou d'un vernis à vaporiser (sous forme de spray) permettant de conduire l'électricité avec quasiment pas de relief et en épousant la forme souhaitée. Cette solution très esthétique et pratique est néanmoins largement plus coûteuse que les câbles.



**Squichy circuits** : Il s'agit d'une pâte conductrice faite maison permettant de réaliser un circuit électrique. Pour réaliser un prototypage rapide, cela doit être couplé avec une carte type Arduino par exemple. Cette solution est très facile d'utilisation et peu coûteuse.

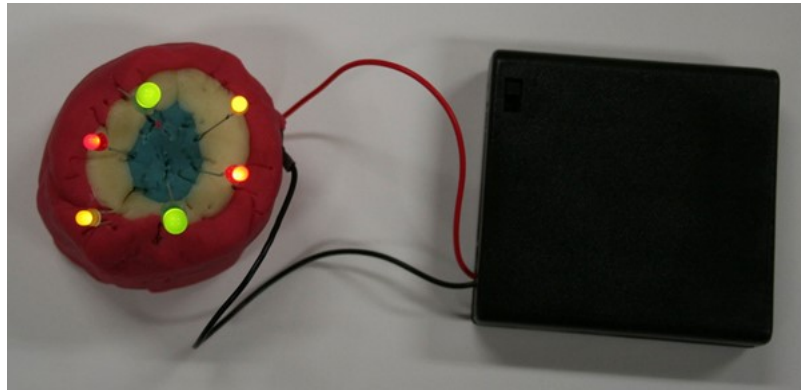


TABLEAU DE SYNTHÈSE

	<b>Prise en main rapide</b>	<b>Compatible avec tous les logiciels</b>	<b>Utilisation avec du matériel organique</b>	<b>Connaissances en programmation nécessaires</b>	<b>Sans Soudures</b>	<b>Connexion à l'ordinateur nécessaire</b>
<b>Makey Makey</b>	Oui	Oui	Oui	Non <sup>2</sup>	Oui	Oui
<b>Touch Board</b>	Oui	Non	Oui	Non <sup>1</sup>	Oui	Non
<b>Thingz</b>	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non
<b>Raspberry</b>	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non
<b>Arduino</b>	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
<b>Lilypad</b>	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
<b>Legu Mindstorms</b>	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Non

2 Pour les fonctions de base uniquement. Pour réaliser des activités plus complexes, il est nécessaire de programmer.

La carte Arduino est la carte la plus facile à prendre en main, surtout pour des activités simples (comme par exemple, faire parler ou chanter un fruit ou un objet métallique). Par contre, elle doit être reliée à un ordinateur. La carte Touch Board est autonome et permet bien plus d'applications (comme par exemple détecter une main qui approche) mais demande un peu plus de connaissances techniques.

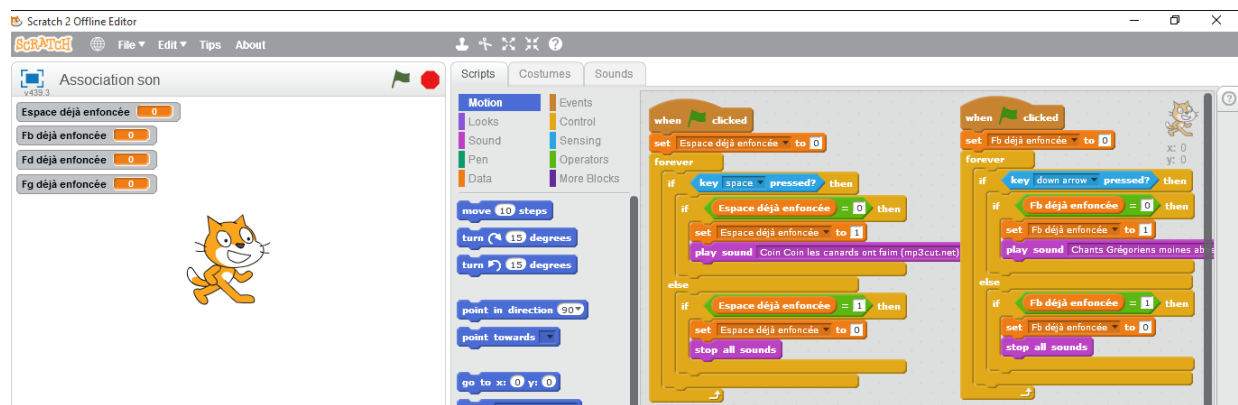
## PROGRAMMATION INFORMATIQUE FACILE

Pour rendre des objets interactifs à partir de cartes microcontrôleurs ou micro-ordinateurs, il est nécessaire d'écrire un petit programme informatique (sauf carte Makey Makey). Pour cela, plusieurs logiciels de programmation destinés aux personnes novices existent. Nous listons ci-après ces logiciels avec quelques explications.

### LES PLUS SIMPLES

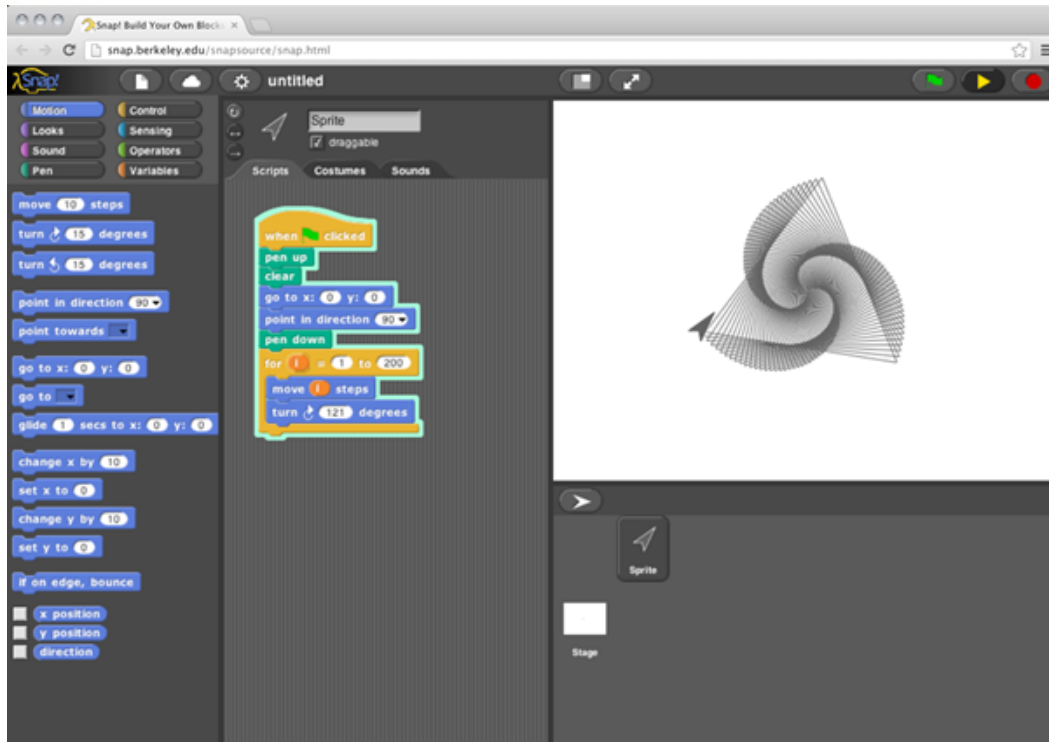
#### SCRATCH

Langage avec un affichage graphique (sans ligne de code). Langage très simple pour réaliser de nombreuses actions de base. Cela fonctionne à partir d'emboîtement d'éléments et d'actions. Cependant, dès que l'action se complique, plusieurs boucles sont nécessaires, ce qui n'est pas évident à réaliser pour un utilisateur novice. Il est possible de récupérer des blocs plus complexes tout prêts. Communauté importante permettant d'avoir un bon support.



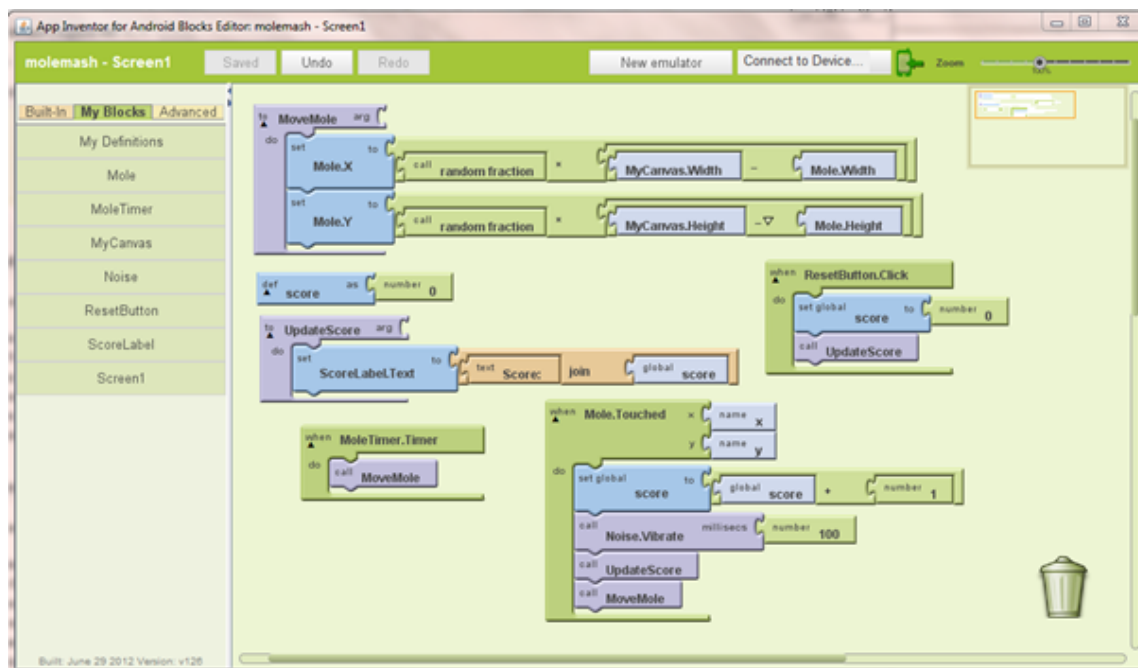
#### SNAP !

Langage inspiré par Scratch qui lui est donc très ressemblant graphiquement. Ce langage est destiné aux débutants mais également aux utilisateurs plus avancés. Ce logiciel est entretenu par l'université de Berkeley (Californie).



## APPINVENTOR

Langage également graphique et très simplifié, similaire à Scratch. Il s'adresse à un public novice comme à un public plus expert. Ce logiciel est souvent utilisé pour apprendre la programmation aux enfants. Application entretenue par le MIT (Massachusetts Institute of Technology). Bonne communauté.



## LOLIPLON

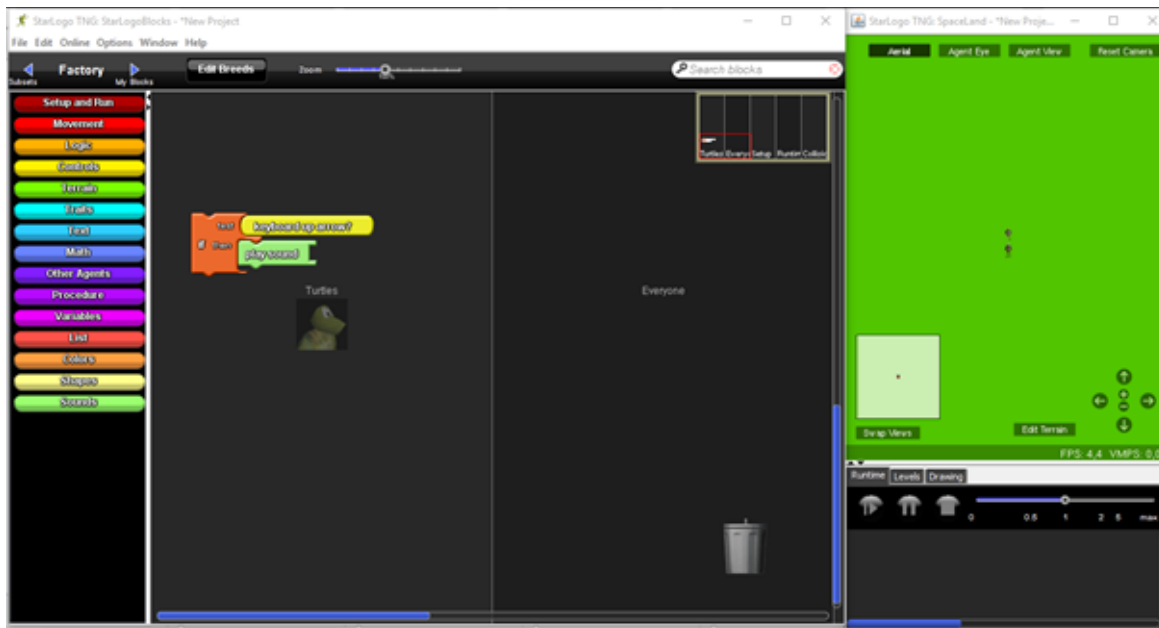
Langage encore plus simple. Il s'agit de boîtes qui s'imbriquent ensemble. Néanmoins, tout nouveau, pas de communauté derrière. Difficile de trouver des forums parlant de ce langage lors de problèmes à résoudre.



## LES AUTRES

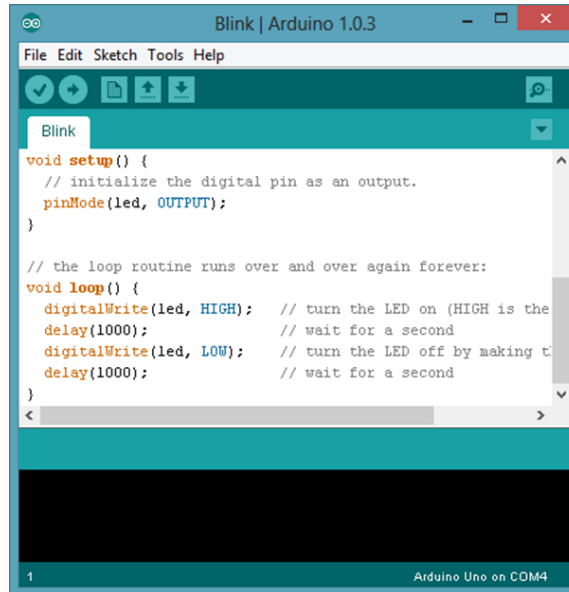
### STARLOGO TNG

Langage similaire à Scratch et Appinventor, à la différence qu'il permet d'avoir une vue du programme que l'utilisateur crée dans un monde en 3D.



## ARDUINO

Langage basé sur les langages C et C++. Il est destiné à accompagner la création d'objets interactifs et/ou la conception d'interfaces physique (capteurs, LED, boutons, etc.) avec la carte ARDUINO. Par contre, des connaissances en informatique sont nécessaires. Besoin de formation pour apprendre à utiliser ce langage.

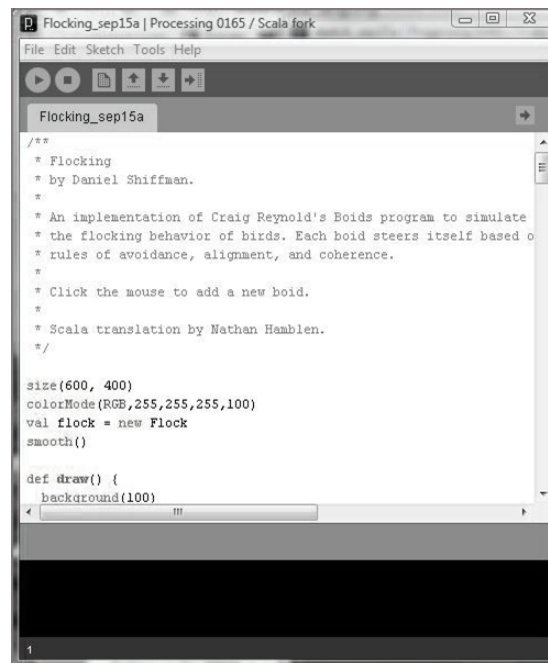


```
Arduino IDE - Blink | Arduino 1.0.3
File Edit Sketch Tools Help
Blink
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW); // turn the LED off by making t
  delay(1000); // wait for a second
}
1 Arduino Uno on COM4
```

## PROCESSING

Langage du même genre qu'Arduino (interface similaire) mais basé sur la structure du langage JAVA. Ce langage est destiné pour la conception d'interfaces numériques (images, clavier, souris, etc.). Connaissances en informatique nécessaires. Besoin de formation pour apprendre à utiliser ce langage.



```
Processing IDE - Flocking_sep15a | Processing 0165 / Scala fork
File Edit Sketch Tools Help
Flocking_sep15a
/**
 * Flocking
 * by Daniel Shiffman.
 *
 * An implementation of Craig Reynold's Boids program to simulate
 * the flocking behavior of birds. Each boid steers itself based o
 * rules of avoidance, alignment, and coherence.
 *
 * Click the mouse to add a new boid.
 *
 * Scala translation by Nathan Hamblen.
 */

size(600, 400)
colorMode(RGB,255,255,255,100)
val flock = new Flock
smooth()

def draw() {
  background(100)
  //
  1
```



Ces deux derniers langages sont très liés, ils communiquent entre eux et ont été développés pour fonctionner ensemble.

---

### AUTRES LANGAGES PLUS COMPLIQUES

---

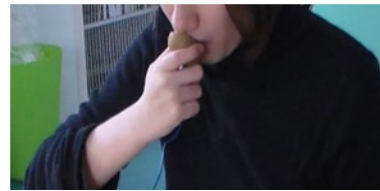
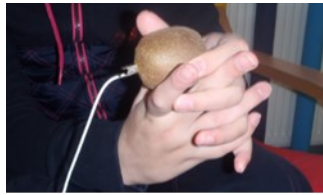
**Python/Ruby/JAVA/JavaScript/PHP/C/C++/etc.** : langage de programmation de haut niveau (niveau abstraction assez élevé) et multiplateforme où il est nécessaire d'avoir des connaissances en informatique. Besoin de formation pour apprendre à utiliser ces langages.

## EXEMPLES DE SUPPORTS PEDAGOGIQUES OU EDUCATIFS CONCUS DANS LE CADRE DU PROJET GEOACCESS

Quinze projets ont vu le jour dans le cadre du projet de recherche GeoAccess.

Les projets sont listés ci-après :

- Atelier « **Diversification alimentaire** » mené par l'éducateur « Mounir Sougtani » dans lequel des fruits que l'enfant ne veut pas manger dû à leur texture désagréable (ex : kiwi, orange) sont associés à une musique qu'il aime bien.



→ **Technologies utilisées** : Makey Makey

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet de solliciter la curiosité de l'enfant et de renforcer positivement les fruits qu'il ne veut pas manger afin qu'il souhaite par la suite le manger.

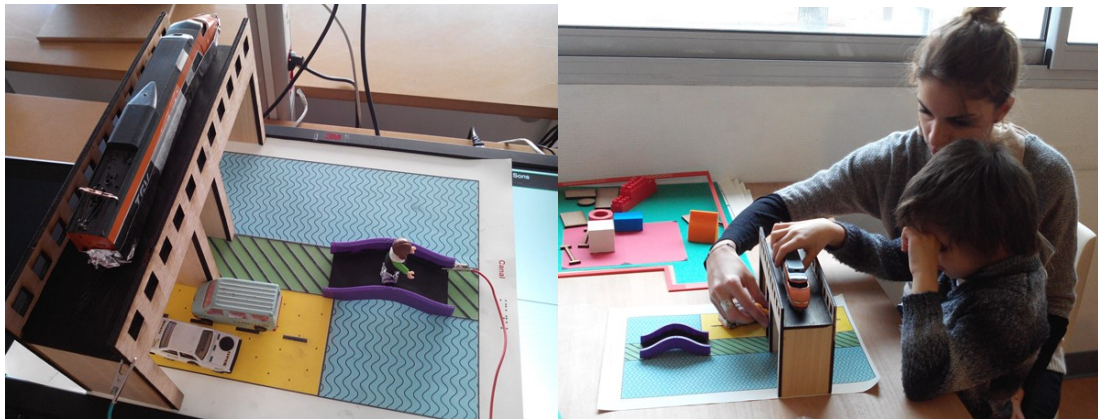
- Atelier « **Paristoric map** » mené par l'enseignant d'Histoire-Géographie spécialisé « Julien Berthier » : la carte de Paris est gravé sur du bois avec les grands boulevards et les points d'intérêts principaux (Tour Eiffel, les invalides, la place de la Bastille, etc.). Lorsque l'élève explore cette carte, elle lui donne des informations de localisation et historiques. A cela s'ajoute des pièces 3D représentant les remparts des différentes époques (sous Philippe Auguste, Charles V, etc.) que l'élève peut placer comme un puzzle sur la carte en bois. Lorsqu'il place la bonne pièce au bon endroit, la carte lui donne des explications de l'évolution de Paris en fonction de la pièce 3D correspondante.



→ **Technologies utilisées** : Découpeuse laser, imprimante 3D, Touch Board

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie facilite la création du matériel en classe pour l'enseignant(e). En effet, il/elle crée avec ce qu'il/elle a (papier, collage, etc.) ou au mieux crée des cartes thermogonflées lorsque c'est possible. Ainsi, le matériel est limité, peut s'abîmer et est permanent une fois réalisé. De plus, la technologie offre une meilleure représentation des notions pour l'élève déficient visuel qui peut tout intégrer sur une seule carte interactive au lieu de 3 ou 4 cartes thermogonflées dans le meilleur des cas.

- Atelier « **Locomotion avec des ponts** » menés par l'institutrice en locomotion « Anna Bartolucci » et par la transcriptrice Nathalie Bedouin : deux ponts (un en bois réalisé à la découpe laser et un en plastique réalisé en impression 3D) ont été rendus interactifs sur une carte du quartier à partir de sons enregistrés dans l'environnement réel représenté. Ainsi, lorsque le train passe sur le pont en bois, le son du train est entendu et lorsqu'un petit personnage passe sur le pont en 3D, le son de l'eau que font les enfants habituellement en passant sur ce pont est entendu



→ **Technologies utilisées** : découpeuse laser, imprimante 3D, Touch Board

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie facilite l'acquisition des représentations spatiales du quartier en question avec des sons connus de l'environnement réel et l'acquisition de notions difficiles à intégrer pour l'enfant sans le toucher comme le fait que le train passe au-dessus de la tête.

- Atelier « **Batterie** » mené par l'éducateur « Mounir Sougtani » dans lequel des objets qui conduisent de l'électricité sont associés à des sons de batterie (cymbale, grosse caisse, etc.) pour jouer de la musique.

→ **Technologies utilisées** : Makey Makey ou Touch Board

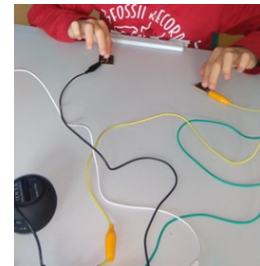
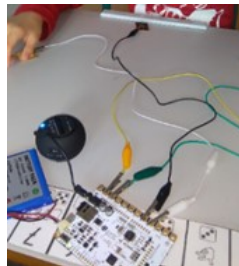
→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet de créer un instrument de manière rapide et à moindre coût pour animer un atelier de musique qui va amuser les enfants en augmentant l'aspect ludique de l'activité.

- Atelier « **Association objet/son** » menée par l'enseignante spécialisée « Laurence Boulade » dans lequel chaque son est associé à des objets 3D comme un canard, une église, une abbaye, etc.

→ **Technologies utilisées** : Makey Makey ou Touch Board

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet d'appréhender des objets volumineux ou intouchable et de se faire une représentation spatiale de ces objets tels qu'une cathédrale ou une abeille.

Atelier « **Alphabet** » mené par l'enseignante spécialisée « Anne Lorho » : les lettres braille ont été imprimées sur un carré en bois et rendues interactives à partir de sons enregistrés au préalable par les enfants déficients visuels de sa classe.



→ **Technologies utilisées** : Touch Board

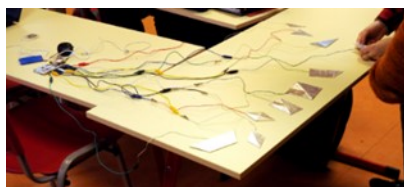
→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie facilite l'apprentissage de l'alphabet braille aux enfants déficients visuels accompagnés de troubles cognitifs puisque chaque lettre est directement connectée au son que l'enfant a choisi.

- Atelier « **Chaîne musicale** » mené par l'éducateur « Mounir Sougtani » dans lequel l'objet ne peut jouer un son ou une musique que lorsque la chaîne entre les enfants est fermée. Les enfants créent alors une chaîne pour lancer la musique, la cassent, la recréent, etc.

→ **Technologies utilisées** : Makey Makey

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet aux enfants de prendre conscience de leur corps et de celui de l'autre ainsi que de tisser du lien social entre eux.

Atelier « **Géométrie** » mené par l'enseignant spécialisé « Abdelghani Benabdallah » : des parties d'une forme géométrique (rectangle, carré, etc.) sont rendues interactives en donnant le nom de chacune des parties lorsque l'élève la touche. Par exemple, donner le nom des angles ou des côtés d'un rectangle.



→ **Technologies utilisées** : Touch Board

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie rend l'activité pédagogique ludique et améliore l'autonomie de l'élève notamment dans le cas de révisions.

- Atelier « **Chronos** » mené par l'enseignante spécialisée « Céline Barbancey » : frise chronologique 3D connectée (ex : courants littéraires, historiques ou esthétiques) à créer en 3D avec textures différentes par bloc de la frise afin de manipuler la notion de temps. Il s'agit de passer d'une échelle à une autre (siècles, ères, années, etc.) avec pour support des notions scolaires par exemple. Il serait également imaginable de pouvoir emboîter les périodes comme des poupées russes. Par exemple, la poupée la plus grande correspondrait à un siècle et la petite poupée correspondrait à une heure. Chaque période étant connectée à l'aide d'une technologie permettant de faire du prototypage rapide (Makey Makey, par exemple) pour donner une explication de l'ère ou du courant correspondant.

→ **Technologies utilisées** : imprimante 3D, Touch Board

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie facilite la création du matériel en classe pour l'enseignant(e). En effet, il/elle crée avec ce qu'il/elle a (papier, collage, etc.) ou au mieux crée des cartes thermogonflées lorsque c'est possible. Ainsi, le matériel est limité, peut s'abîmer et est permanent une fois réalisé. De plus, la technologie offre une meilleure représentation des notions pour l'élève déficient visuel qui peut tout intégrer sur une seule carte interactive au lieu de 3 ou 4 cartes thermogonflées dans le meilleur des cas.

- Atelier « **Conte sensoriel** » mené par la transcriptrice « Nathalie Bedouin » : associer des expériences tactiles et sonore au conte par le toucher des objets 3D et/ou relief connectés sur un livre cousu. Par exemple, lors de la lecture d'un conte, le train en relief fait tchou-tchou.

→ **Technologies utilisées** : Lilypad

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet l'apprentissage multi-modalité sensorielle.

- Atelier « **Locomotion** » mené par l'instructeur en locomotion « Olivier Paillet » : créer en 3D les éléments repères importants comme la chaussée, les places de parking, le manège du jardin, etc., et les connecter pour exprimer le nom de chaque objet, des bâtiments, lancer le son du manège, etc., pour l'apprentissage du déplacement dans le quartier de l'IJA dont le jardin des plantes.

→ **Technologies utilisées** : imprimante 3D, Touch Board

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : Gain en exactitude, précision et temps. En effet, la technologie facilite la création du matériel pour le cours de locomotion pour l'instructeur/riche en apportant une meilleure exactitude et précision sur la représentation du quartier. Pour représenter certaines chaussées, il crée à l'heure actuelle des formes avec



des legos, ce qui n'est parfois pas précis et exacte notamment pour représenter une pente, il crée un escalier. De plus, il doit refaire son matériel à chaque cours, la technologie lui offre donc un gain de temps important.

- Atelier « **Initiation à l'éducation sexuelle** » mené par l'éducatrice « Gaëlle Mann » : créer en 3D l'appareil génital de la femme (ovaires, trompes de Fallope, etc.). Chaque partie étant connectée permet de donner le nom et une explication sur la zone concernée, voir plus (moyens de contraception par exemple).

→ **Technologies utilisées** : imprimante 3D,

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet de répondre à une problématique importante soulevant de nombreux questionnements auprès des adolescents en leur fournissant une intimité car cela permet de travailler seul (sans l'éducateur à côté). De plus, les supports tactiles ou mannequins sont très onéreux et peu précis selon la partie concernée. La technologie diminuerait le coût et augmenterait la précision au toucher des parties de l'anatomie concernées tout en étant plus ludique.

- Atelier « **Collaboration** » mené par l'éducateur « Mathieu Malhaire » : avec les adolescents pour créer ensemble des objets 3D connectés pour représenter un quartier de Toulouse (par exemple, le marché de Victor Hugo avec les sons associés enregistrés par eux-mêmes). Le but de l'atelier étant que ce travail pourra servir à d'autres groupes d'enfants de l'institut.

→ **Technologies utilisées** : imprimante 3D,

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet d'acquérir des connaissances informatiques, d'apprendre la collaboration et de créer du lien social entre les enfants mais aussi avec l'éducateur/rice.

- Atelier « **Boîte à rythme corporelle** » mené par l'éducateur « Mounir Sougtani » : associer certaines parties du buste de l'enfant à un son précisant le nom de la partie touchée (par exemple, épaule) afin qu'il apprenne les différentes parties de l'anatomie et prenne conscience de son corps. Pour cela, un tee-shirt a été créé à partir d'un Lilypad et du fil conducteur qui est cousu jusqu'aux parties du buste souhaitées (épaule, cœur, ventre). Il est même envisagé d'aller plus loin en élaborant une chorégraphie avec toute la classe pour qu'ils apprennent la synchronisation. Par exemple, lorsqu'un enfant touche l'épaule, le second sait qu'il doit toucher le cœur.

→ **Technologies utilisées** : Lilypad

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permet de travailler la synchronisation et l'apprentissage de l'anatomie de manière plus ludique.

- Atelier « **Géo** » mené par l'enseignante spécialisée « Céline Barbancey » : Créer en 3D les pays de l'Europe ou du monde de différentes tailles selon leur PIB ou une autre donnée et connecter chaque objet afin qu'il donne une explication de la donnée du pays en question.

→ **Technologies utilisées** : imprimante 3D, Touch Board



→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie facilite la création du matériel en classe pour l'enseignant(e). En effet, il/elle crée avec ce qu'il/elle a (papier, collage, etc.) ou au mieux crée des cartes thermogonflées lorsque c'est possible. Ainsi, le matériel est limité, peut s'abîmer et est permanent une fois réalisé. De plus, la technologie offre une meilleure représentation des notions pour l'élève déficient visuel qui peut tout intégrer sur une seule carte interactive au lieu de 3 ou 4 cartes thermogonflées dans le meilleur des cas.

- Atelier « **Communication** » : mené par l'orthoptiste rééducatrice « Claude Chavanon » : trouver un moyen pour permettre aux enfants avec des troubles cognitifs d'exprimer une demande, répondre à une sollicitation extérieure, exprimer un sentiment, une envie. Pour cela, l'idée serait d'utiliser la communication visuelle et en particulier l'orientation du regard et la désignation par le regard pour exprimer le désir d'objet « montrer avec les yeux » ce que veut l'enfant, mais aussi un souhait, un sentiment, une envie. Ainsi, il s'agirait d'adapter et faire varier les supports (images, photos, objets du quotidien, images exprimant des sentiments, etc.). Il serait imaginable que l'outil interactif, à l'aide de caméras qui seraient situées sur les objets ou les images proposées qui capteraient le regard, permettrait de répondre à la désignation visuelle en indiquant le nom de l'objet, de la personne ou de l'action. On pourrait alors proposer un imagier interactif qui permettrait de répondre aux besoins quotidiens des jeunes déficients visuels et non verbaux et d'assurer ainsi une communication non verbale.

→ **Technologies utilisées** : à réfléchir

→ **Bénéfice apporté par la technologie** : la technologie permettrait d'attirer l'attention du professionnel sur des objets ou zones que l'enfant regarde et de lui permettre dans donner une signification en les désignant vocalement, lui permettant ainsi de répondre à un besoin que l'enfant tente d'exprimer.

## TEMOIGNAGE DE NATHALIE BEDOUIN, TRANSCRIPTRICE A L'IJA, TOULOUSE

---

Les professionnels de l'IJA sont en perpétuel questionnement pour trouver des objets pédagogiques utilisables par leurs élèves déficients visuels. La plupart du temps, les objets adaptés n'existent pas : il faut donc détourner des objets pédagogiques ordinaires, voire en inventer de nouveaux, complètement personnalisés.

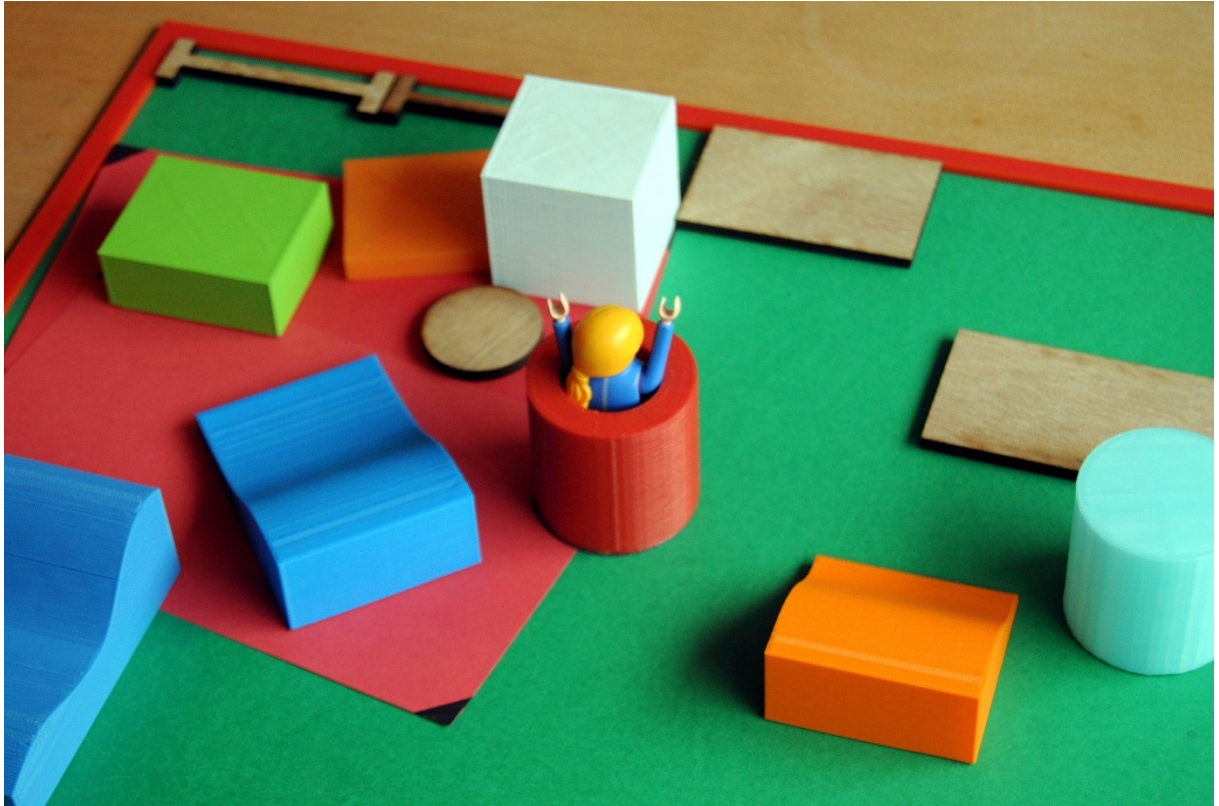
Le projet Geoaccess est arrivé à point nommé pour l'IJA. Conscients de certaines possibilités offertes par les technologies de prototypage rapide, nous avons commencé à utiliser une découpeuse laser dans un fablab, pour créer de nombreux objets pédagogiques adaptés pour nos élèves. Nous souhaitions aller plus loin, mais sans savoir exactement comment !

Dans le cadre de Geoaccess, nous avons pu découvrir des techniques qui ne nous semblaient pas forcément abordables au premier abord. En organisant des rencontres avec un utilisateur averti d'imprimante 3D, des travaux pratiques (niveau ultra débutant !) autour des objets interactifs, et même un concours d'objets interactifs créés en partenariat avec des étudiants en informatique, Stéphanie Giraud nous a encouragés à nous approprier ces techniques. Elle nous a permis de comprendre que même sans aucune compétence dans ce domaine, nous pouvions créer facilement des dispositifs interactifs ludiques et particulièrement appréciés par nos élèves les plus jeunes ou porteurs de handicaps associés, qui n'ont pas toujours accès au braille.

J'ai ainsi créé plusieurs maquettes comportant des éléments imprimés en 3d, disposés sur des supports découpés au laser, pour répondre aux besoins des instructeurs de locomotion et des psychomotriciens. L'une d'elle représente la salle de psychomotricité, avec tous ses éléments aux formes très particulières, utilisés pour les parcours. Les éléments imprimés en 3d à l'échelle 1/10 sont aimantés sur le support pour plus de stabilité pendant l'exploration. Ils permettent aux enfants de comprendre leur parcours et l'espace de la salle avant de réaliser l'activité, ou, en fin de séance, de faire le compte-rendu du parcours en le reconstituant.

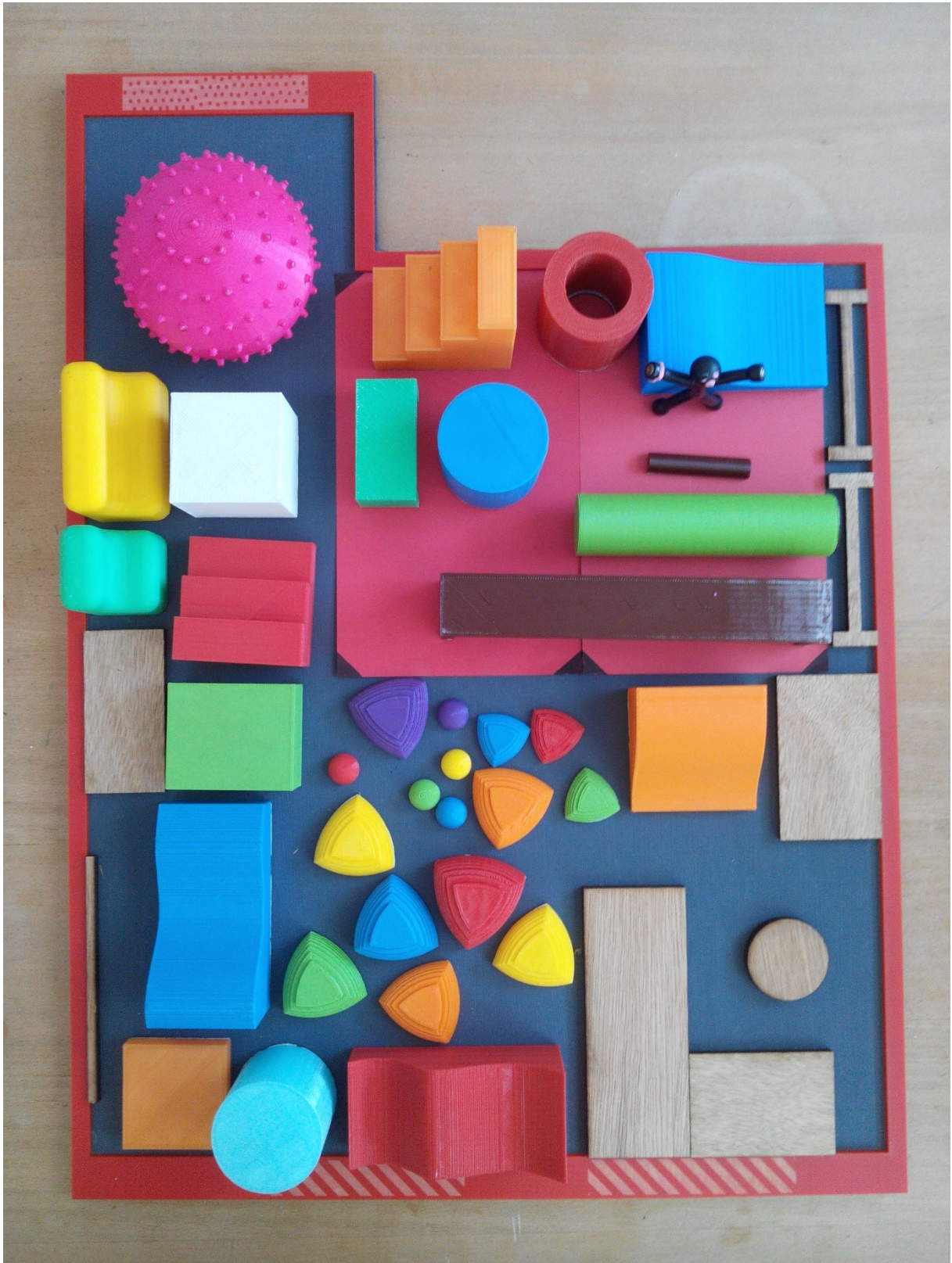


Salle de psychomotricité de l'IJA



Maquette 3d + découpe laser







J'ai également participé au concours d'objets connectés avec une éducatrice spécialisée et une psychomotricienne, et la participation d'étudiants en informatique. Nous avons alors conçu le prototype d'un livre tactile en tissu, destiné aux enfants de crèche et de maternelle. Dans ce livre, qui décrit une visite au parc, on peut actionner des objets imprimés en 3d et déclencher au fil de la lecture des sons d'ambiance enregistrés, ce qui permet d'enrichir l'expérience sensorielle des enfants.









L'accès à ces diverses techniques de prototypage rapide nous permet désormais d'imaginer et de fabriquer davantage d'objets adaptés pour nos élèves. Nous pouvons les personnaliser selon les utilisateurs en utilisant des enregistrements de leurs propres voix, ou procéder à des modifications rapidement, et partager nos idées et les fichiers de réalisation d'objets pédagogiques avec d'autres professionnels de la déficience visuelle. Geoaccess a repoussé les limites de notre imagination !

Ces objets rendus accessibles par les nouvelles technologies sont très prisés des différents professionnels de la déficience visuelle car les supports pédagogiques adaptés manquent toujours cruellement. La demande de production est donc croissante. Mais comme pour les transcriptions plus « traditionnelles » (braille, dessin en relief, grands caractères...) leur conception nécessite une connaissance du processus d'adaptation pour des personnes déficientes visuelles. De plus, si l'accès à ces nouvelles technologies est relativement aisé, comme le projet Geoaccess nous l'a démontré, il reste nécessaire de se familiariser avec ces outils que tous ne maîtrisent pas (et ne souhaitent pas forcément maîtriser !). C'est pourquoi, à l'IJA, ces objets sont souvent conçus et réalisés par un transcripateur, à la demande des éducateurs, rééducateurs ou enseignants. Ces nouvelles technologies font désormais partie du quotidien de la transcription, et constituent un procédé supplémentaire dans notre dispositif global d'adaptations personnalisées pour répondre aux besoins des usagers et des professionnels de la déficience visuelle. Cela implique probablement de

nouveaux besoins à envisager pour les transpositeurs-adaptateurs : temps dédié, veille technologique, mutualisation avec d'autres services de transcription, formations, etc. Nous en sommes encore aux balbutiements, tout est possible...



## RECOMMANDATIONS POUR LES PERSONNELS SPECIALISES

---

Suite à l'analyse des besoins des enseignants ou des éducateurs spécialisés, mais aussi suite à nos tests et aux différents prototypes que nous avons réalisés à l'IJA et dans d'autres instituts spécialisés pour les déficients visuels, nous recommandons vivement d'utiliser les **outils de prototypage rapide tels que l'impression 3D et les cartes microcontrôleurs pour concevoir les matériels pédagogiques ou éducatifs multi-sensoriels adaptés à des besoins très spécifiques.**

Ces matériels permettent de créer de nombreux prototypes **peu onéreux** (de 30 à 100€), **facilement**, et **sans beaucoup de connaissances techniques**. De plus, ces matériels peuvent permettre de faciliter certains apprentissages (notamment spatiaux), comme nous avons pu le montrer dans nos différentes publications (ref).

Pour créer un nouveau matériel pédagogique ou éducatif multi-sensoriel, il faut d'abord identifier la problématique à aborder puis concevoir l'objet interactif qui permettra d'y répondre. Il est alors possible d'utiliser l'impression 3D pour créer l'objet sur lequel il faudra ajouter des éléments conducteurs afin de le rendre interactif.

Dans le but de **faciliter les choix** concernant les logiciels et matériels à utiliser ou à acheter, nous recommandons aux professionnels de la déficience visuelle les outils suivants pour leur simplicité d'utilisation et leur efficacité:

- **Tinkercad ou SketchUp Make pour la modélisation d'objets en 3D ;**
- **Makerbot Replicator 2 pour l'impression des objets en 3D ;**
- **Makey Makey ou TouchBoard pour rendre facilement les objets interactifs ;**
- **Scratch pour programmer facilement les scripts rendant les objets interactifs.**

De surcroît, nous recommandons **d'inclure les élèves dans le processus de conception** et/ou de création de ces supports pédagogiques. Cette co-conception peut se réaliser avec un objectif pédagogique. De plus, elle permet de mieux répondre aux besoins spécifiques des élèves déficients visuels. Dans le cas où la fabrication du prototype ne serait pas réalisée par les enseignants ou les éducateurs eux-mêmes mais par des personnels techniques par exemple, il est également recommandé **d'inclure les enseignants ou les éducateurs dans le processus de création**. Cela permet de mieux prendre en compte leurs objectifs pédagogiques et leurs besoins. De plus, étant en contact quotidien avec les élèves, ils sauront davantage analyser les besoins spécifiques de ces élèves dans le cadre des apprentissages visés.

De façon plus générale, nous avons pu observer un manque de temps ou de volonté concernant certains enseignants ou éducateurs pour réaliser les prototypes. A l'inverse, les transcripteurs que nous avons rencontrés et avec qui nous avons travaillé ont montré une grande motivation pour maîtriser ces nouvelles techniques de fabrication de matériels adaptés, car elles correspondent à leur mission consistant à réaliser des supports adaptés pour les élèves déficients visuels. Il nous semble donc approprié **d'élargir les compétences des transcripteurs et de les former au prototypage rapide avec ces nouveaux outils**. Dans un cas idéal, si les instituts peuvent se le permettre, nous suggérons de développer un service technique formé à la fabrication du matériel

pédagogique avec ces nouvelles technologies permettant le prototypage rapide. Ceci allégerait la charge imputée aux enseignants et éducateurs spécialisés.

Evidemment, il n'est pas possible de développer un service technique avec ces compétences dans tous les établissements spécialisés (notamment ceux qui sont petits). De notre point de vue, cette difficulté est facilement contournable car les personnes (enseignants, formateurs, éducateurs, transcripateurs, etc.) peuvent facilement **collaborer avec le(s) FabLab avoisinant(s)**. Les Fablab (Fabrication Lab) se sont développés dans toutes les villes et universités de France et ouvrent leurs portes à tous les « makers », débutants ou avertis. Chaque Fablab met à disposition un grand nombre d'**outils** de prototypage rapide (imprimantes 3D, découpeuse laser, cartes microcontrôleurs, cartes micro-ordinateurs, atelier d'électronique, etc.) mais également des **formations** spécifiques à des **coûts très réduits**. De plus, les FabLab fonctionnent sous la bannière de **l'entraide** et de nombreux spécialistes peuvent aider les utilisateurs novices pour démarrer leurs propres projets.

Nous espérons que la formation et la diffusion que nous avons mises en place lors du projet GeoAccess a donné une impulsion dans ce sens.

Voir <http://cherchonspourvoir.org/faislepourvoir/>