

TROIS OUTILS DE FABRICATION DIFFERENTS POUR RENDRE PLUS ACCESSIBLE L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOMETRIE A L'ECOLE PRIMAIRE

Roxane Nicod et Lionel Parisod

Etudiants, HEP Vaud

INTRODUCTION

S'adapter à l'évolution de la société actuelle est un des aspects essentiels du monde de l'enseignement. En effet, en tant que professionnels, nous nous devons de renouveler nos pratiques et de les perfectionner grâce aux technologies qui nous entourent. C'est pourquoi, dans le cadre de notre mémoire professionnel à la HEP Vaud¹, nous avons étudié différentes possibilités qu'offrent les Fablabs, afin d'apporter du soutien aux enseignants dans le cadre de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. Dans cet article, nous allons donc commencer par expliquer ce qu'est un Fablab. Puis, nous allons détailler les trois différentes techniques que nous avons eu l'occasion d'expérimenter dans une classe de 5H du canton de Vaud.

LES FABLABS

Le terme de Fablab est issu de l'anglais Fabrication Laboratories, ce qui signifie « laboratoires de fabrication ». Ce dispositif est apparu à la fin des années 90 et a été inventé par Neil Gershenfeld, enseignant au Massachusetts Institute of Technology (MIT)². Il y créa un cours appelé «*How to make almost anything*», où les étudiants venaient et profitaient des connaissances de chacun, la logique étant d'apprendre par le faire (*learning by doing*), tout en ayant accès à de nombreuses machines technologiques trop coûteuses pour un usage personnel. Le principe des FabLabs était alors né : les étudiants pouvaient avoir accès aux locaux et aux machines et, en échange, chacun s'entraidait et apportait de l'aide aux autres. Ainsi, les savoirs étaient partagés. Ce principe s'est alors répandu et il existe des Fablabs actuellement partout dans le monde, créant la *Fab Foundation*.

Actuellement, un FabLab est un lieu où des machines technologiques sont en libre accès, en échange d'une adhésion. Les gens créent leurs pièces en fonction de leurs besoins. L'un des avantages majeurs de ces groupes est la naissance d'échanges. Il n'y a pas d'expert, chacun a quelque chose à apporter. En effet, une des règles du FabLab est de partager ses créations et ses savoirs (Bosqué, Noor et Ricard, 2014). Ainsi, la banque de données et de savoirs est très riche actuellement. Les guides de création sont ensuite en accès libre, le plus souvent en *creative commons*, permettant ainsi à un plus grand nombre de personnes d'y avoir accès. Il est alors simple de modifier les fichiers à notre guise et de les créer à la chaîne, pour autant que nous ayons les machines à disposition. Il existe plusieurs Fablabs dans le canton de Vaud, mais pour des raisons pratiques, nous avons travaillé avec celui présent à la HEP Vaud.³

¹ Mémoire réalisé sous la direction de Monsieur Thierry Dias, formateur à la HEP Vaud

² Gershenfeld, N. (s. d.). Les Fab Labs, par Neil Gershenfeld. Consulté le 20 avril 2017, à l'adresse https://www.ted.com/talks/neil_gershenfeld_on_fab_labs?language=fr

³ Fablab HEP Vaud – Une autre conception de la formation. (s. d.). Consulté 19 avril 2017, à l'adresse <http://fablab-hepl.ch/>

DIVERS SUPPORTS ET TÂCHES

Lors de notre recherche, nous avons expérimenté l'imprimante 3D, la découpeuse laser, ainsi que la découpe manuelle de carton. Ces choix ont été faits par volonté de varier les budgets, les supports et les méthodes. En effet, nous avons souci de rendre accessibles les trois outils de fabrications choisis à tous. Nous avons également varié les tâches travaillées avec les élèves, afin de voir les différents apports de ces supports.

L'imprimante 3D

Cette technique permet de concevoir de nombreux objets différents, après les avoir préalablement modélisés à l'aide d'un programme de modélisation comme Sketchup, application disponible sur tous les ordinateurs du réseau scolaire vaudois. Il existe différents modèles d'imprimantes, dont certains d'une si petite taille qu'ils peuvent être transportés n'importe où. Dans notre cas, nous avons utilisé le modèle *Ultimaker 2+*. L'impression 3D est une des seules techniques de création d'objets qui fonctionne par addition et non soustraction de matière. D'ordinaire, de la matière est enlevée d'une pièce principale, créant alors la pièce voulue, par logique de soustraction. Dans le cas de l'impression 3D, des couches de matières sont ajoutées, afin de créer une pièce finale, selon un modèle numérique. De nombreux matériaux peuvent actuellement être utilisés pour l'impression 3D, tels des filaments composites à base de métal (cuivre et bronze, par exemple).

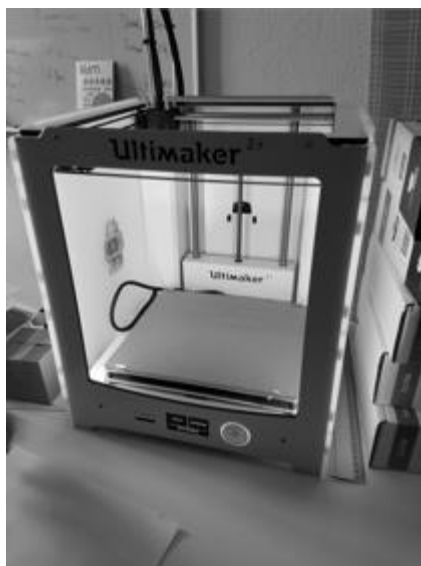


Fig. 1 : Ultimaker 2+

Cette technique novatrice comporte de nombreux avantages. L'usage de fichiers électroniques permet une production à large échelle, ainsi qu'une modification rapide et facile en fonction des souhaits de chacun. De plus, les fichiers peuvent être transmis à distance, facilitant ainsi le partage. La technologie de création par addition permet également d'éviter le gaspillage, ce qui représente un avantage tant économique qu'écologique, tout en permettant une personnalisation des objets ainsi créés. Il faut aussi noter la diversité des domaines dans lesquels l'impression 3D fait ses preuves. En effet, en plus d'un usage personnel, cette technique est utilisée dans des milieux tels la joaillerie, la restauration, la médecine... Malgré tout, ce marché est encore émergent et reste fragile. Ainsi, l'utilisation de telles machines ajoute une plus-value au niveau pédagogique, car il est possible de créer du matériel pour les mathématiques, comme nous l'avons réalisé pour notre mémoire professionnel, mais également pour la géographie, les sciences, voire même de produire un équipement scolaire de base, par exemple une équerre. Il est également possible de réaliser du matériel permettant de faire de la différenciation pour les élèves en difficulté.

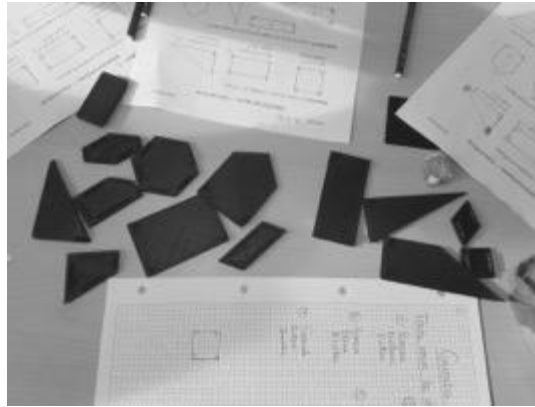


Fig. 2 : Pièces créées à l'aide d'une imprimante 3D

Au niveau des inconvénients, il est essentiel de souligner le coût non-négligeable de ces machines, même si leur expansion est en train de les proposer à un prix plus abordable. De plus, même si la variété de matériaux disponibles est en pleine expansion, actuellement cela reste encore une limite, car ils ne sont pas tous disponibles pour des machines à usage privé. Un autre inconvénient majeur est la vitesse d'impression. Celle-ci peut prendre des heures, suivant la surface et le type de couches choisies. Chaque réglage aura alors un impact sur le temps de construction. Malgré tout, il est possible de faire autre chose une fois l'impression lancée et il n'y a pas d'obligation de rester à côté de la machine. Dans le même type d'inconvénients, il y a les dimensions qu'il est possible d'obtenir avec une machine à usage personnel. En effet, le plateau reste assez limité (20X20 cm) et ne permet donc pas de créer des pièces de tailles trop conséquentes. Ajoutons qu'il est nécessaire d'avoir certaines connaissances en modélisation pour pouvoir librement créer ce que l'on désire. Il faut donc bien choisir son programme de modélisation. Enfin, même si le processus d'impression est généralement assez précis, de mauvaises surprises peuvent avoir lieu et des imprécisions peuvent venir se glisser lors de l'impression. En résumé, l'imprimante 3D est un outil technologique qui ne cesse d'évoluer et qui ouvre le champ de ses possibilités. Malgré tout, elle comporte encore certaines limites, qui seront comblées dans les années à venir.

La découpeuse laser

A l'inverse de l'imprimante 3D, la découpeuse laser utilise un procédé par soustraction. En effet, une planche de bois ou un autre matériel est déposé dans la machine préalablement calibrée puis, un faisceau laser concentre une grande quantité d'énergie sur une très faible surface, permettant de découper les pièces⁴. La coupure est donc très précise et nette. Dans un premier temps, il faut réaliser un dessin technique des pièces, en 2D, à l'aide d'un logiciel de dessin. Cette étape peut prendre un certain temps. Mais, une fois ceci fait, il est alors très rapide et facile de découper les pièces. En effet, il suffit de calibrer la machine, puis le travail se fait tout seul, en un court laps de temps. Le faisceau lumineux passe sur les différents contours des pièces, permettant ainsi d'avoir des pièces découpées et directement prêtes à l'emploi. Malgré tout, il est essentiel de préciser que le calibrage de la découpeuse nécessite une certaine expérience et qu'un apprentissage en amont sera donc nécessaire.

⁴ Principe de la découpe laser. (2015, mai 15). Consulté 19 avril 2017, à l'adresse www.ateliorthorey.com/principe-de-la-decoupe-laser/

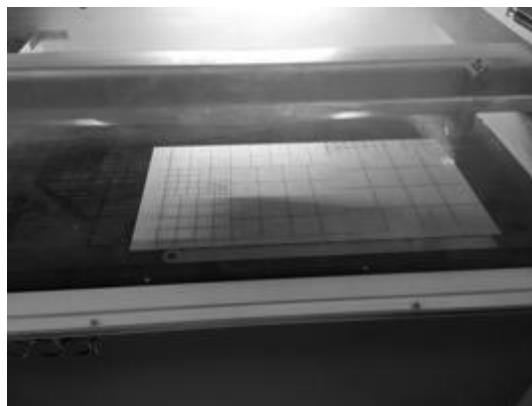


Fig. 3 : Découpeuse laser

L'un des principaux avantages de cette méthode est donc la rapidité de la découpeuse. C'est un procédé plus sûr et précis que l'imprimante 3D. Généralement, les pièces sortent telles que cela avait été programmé et de manière très rapide, comme dit précédemment. Une découpeuse laser ne permet pas uniquement de faire de la découpe de pièces, mais également de faire de la gravure, ce qui ajoute des possibilités supplémentaires. Un autre atout non négligeable dans le domaine de l'enseignement est la solidité. En effet, comme précisé dans le cas de l'imprimante 3D, il est nécessaire que les pièces utilisées en classe soient faciles à manipuler et résistent aux différents chocs physiques.

Pour ce qui est des inconvénients de cette machine, nous pouvons souligner sa taille. En effet, il est difficile de transporter un tel matériel, ce qui oblige à avoir un espace assez vaste pour pouvoir l'entreposer. Un autre désavantage non négligeable est l'impossibilité de créer des pièces en relief. En effet, bien qu'il soit possible de graver sur les objets ou qu'un assemblage de différentes pièces soit faisable, cela ne permet pas de créer de réel relief, contrairement à l'imprimante 3D.

Au niveau pédagogique, ce support a l'avantage de nous permettre de faire rapidement des pièces élémentaires. Il est donc facile et rapide de rendre les tâches des Moyens d'Études Romands (MER) plus concrètes et de créer un réservoir de pièces utilisables pour de nombreuses activités.

Nous pouvons donc dire que la découpeuse laser est une technique avantageuse de par sa rapidité d'exécution, sa précision et la solidité qu'il est possible d'obtenir suivant le matériau choisi. Malgré tout, son usage reste limité au vu de l'accessibilité. Les Fablabs sont donc à nouveau un excellent moyen pour parer à ces inconvénients, tout comme ils peuvent également permettre de combler d'éventuelles lacunes en modélisation, à l'aide de la transmission de connaissances entre divers individus fréquentant les locaux.

La découpe manuelle de carton

Pour notre mémoire, nous avons également décidé de travailler avec une troisième technique, qui ne nécessitait pas d'accès au Fablab et qui était donc plus accessible à tous et à un moindre coût : la découpe manuelle de carton. A l'aide d'une règle et d'un cutter, il est possible de faire de nombreuses choses différentes, tout comme de créer des pièces avec rebord ou relief. Pour cela, nous avons acheté des feuilles de carton dans un magasin de brico-loisirs et avons ensuite découpé nos pièces à l'aide d'un cutter. Cela nous a permis de leur ajouter des rebords, avec une languette de carton et de la colle forte à séchage rapide.

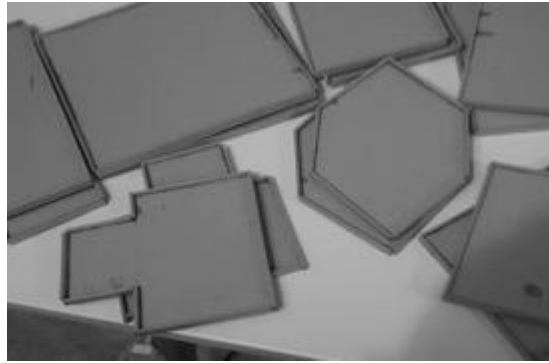


Fig. 4 : Découpe manuelle de carton

Les avantages majeurs de cette technique sont le coût et la facilité d'accès du matériel nécessaire : on le trouve facilement en grande surface. De plus, cela ne nécessite pas de réelles connaissances, contrairement aux deux méthodes précédentes. La production de telles pièces a l'avantage de ne nécessiter aucune aide externe, que cela soit par l'usage d'une machine ou d'un logiciel de modélisation.

Par contre, les objets obtenus par cette méthode sont peu solides et elle est chronophage. En effet, contrairement à l'imprimante 3D et à la découpeuse laser, il n'est pas possible de copier le fichier et de le produire en multiples exemplaires : chaque pièce doit être créée manuellement. La colle à séchage rapide est donc un élément primordial lorsque l'on colle les rebords en carton, afin de limiter au maximum le temps de production. Il est également essentiel de mettre en avant la difficulté à créer des reliefs complexes. En effet, s'il est facile d'ajouter des rebords à une pièce, il est par contre plus difficile de réellement fabriquer quelque chose en relief.

En résumé, cette méthode permet de créer facilement des pièces simples, mais n'offre pas la possibilité de les reproduire à grande échelle, ni même de manière solide.

Les tâches expérimentées

Nous avons réalisé en classe plusieurs tâches issues de différents moyens de mathématiques, que nous allons brièvement détailler. Nous nous sommes limités à 3 exercices issus de *Je progresse en mathématiques*, 5^e, constituant la séquence 1 de notre recherche, ainsi que trois tâches issues des MER 5P : *Quelle forme !*, *Les six carrés* et *Le retour des six carrés*, qui ont constitué notre séquence 2.

Lors de la séquence 1, nous avons principalement travaillé l'objectif MSN21 du Plan d'Études Romand (CIIP, 2010) : « Poser et résoudre des problèmes pour structurer le plan et l'espace ». En effet, les élèves ont appris à dégager les propriétés des solides et se sont initiés à leur représentation (composante 2). Dans l'exercice 1 issu de la brochure *Je progresse en mathématiques*, les élèves devaient discerner les angles droits des trois formes géométriques que nous avons travaillées en début de séquence. Pour cela, ils pouvaient prendre dans leurs mains les pièces 3D. Ainsi, chaque angle, qu'il soit droit ou pas, pouvait être touché par les élèves. On peut donc souligner ici une adaptation rendue possible grâce à l'impression 3D. En effet, la mise en relief des angles a permis aux élèves d'expérimenter et de toucher les angles et non pas seulement de les regarder pour les comparer.

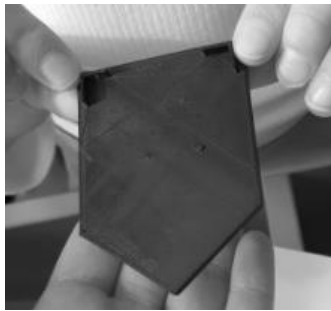


Fig. 5 : Trace de l'expérimentation en classe dans laquelle les élèves devaient discerner les propriétés de différentes formes géométriques

Ensuite, il a été demandé aux élèves de fermer les yeux. Ainsi, les élèves ont eu plus de facilité à mettre en évidence les angles droits de plusieurs formes géométriques. Puis un troisième exercice a été réalisé concernant, cette fois-ci, les parallèles de différentes formes géométriques. À nouveau, la manipulation a permis aux élèves de voir où étaient les paires de côtés parallèles, en les suivant avec leurs doigts et en vérifiant si ceux-ci finiraient par se croiser. Il était ensuite plus facile pour eux de les mettre en évidence sur leur feuille. Si un doute persistait, ils pouvaient reprendre la forme afin de vérifier. Nous avons fini par une mise en commun collective, dans le but de voir les apprentissages faits par les élèves.

Pour la deuxième séquence, nous avons commencé par l'activité *Faux jumeaux*, qui était notre amorce. Par groupe de trois, les élèves devaient comparer l'aire de deux formes réalisées avec du scotch sur le sol. Ils avaient pour unique consigne « Dites-moi laquelle de ces deux formes prend le plus de place sur le sol ? ». Pour répondre à cette question, ils avaient le droit d'utiliser tout ce dont ils avaient envie. Cette activité, tout comme les autres que nous avons choisies, travaille principalement l'objectif MSN24 du PER : « Utiliser la mesure pour comparer des grandeurs », par estimation et par décomposition des surfaces en surfaces élémentaires (composantes 5 et 6). Cette amorce a alors abouti à une mise en commun, avant de continuer avec les différentes tâches de notre séquence. Pour la première activité, *Quelle forme !*, les élèves ont reçu des pièces créées à l'aide de la découpeuse laser, ainsi que les deux formes de l'exercice, qui avaient été découpées et créées en carton. Par trois, les élèves ont alors rempli les deux surfaces avec les pièces de bois, pour pouvoir les comparer (cf. figure 6). Nous avons ensuite animé une discussion, par groupes, sur l'intérêt de cette activité et sur le fait que diviser une surface en plus petites unités nous permet de comparer et de calculer l'aire d'une figure complexe plus facilement. Ici, les outils technologiques ont permis aux élèves de manipuler les pièces et d'essayer par eux-mêmes plutôt que de simplement observer les mêmes figures en 2D et de devoir en comparer les surfaces.

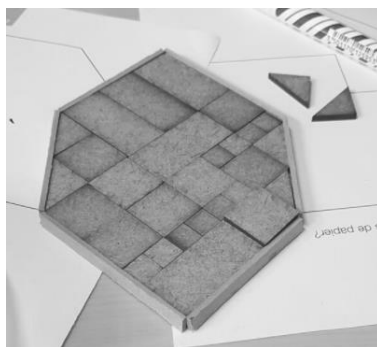


Fig. 6 : Trace de l'expérimentation en classe de la tâche *Quelle forme !*

La deuxième activité, quant à elle, a été réalisée par deux. Les élèves recevaient les 4 grilles de l'exercice *Les six carrés* ainsi que six carrés découpés en bois. Les grilles en question avaient été créées en carton, sur le modèle de celles fournies en papier dans les tâches des MER. Les carrés, eux, avaient été créés grâce à la découpeuse laser. Ils avaient comme unique consigne de faire une phrase réponse indiquant quelle était la plus petite grille dans laquelle pouvaient rentrer ces six carrés.

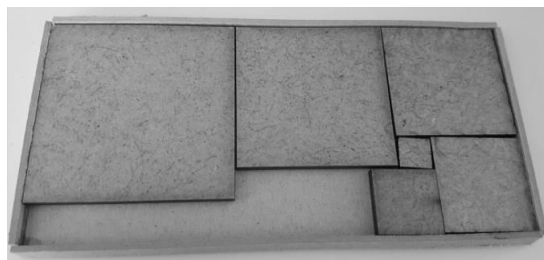


Fig. 7 : Trace de l'expérimentation en classe de l'activité *les six carrés*

Pour cette séquence, contrairement à la première, une troisième tâche a été proposée comme différenciation positive : *Le retour des six carrés*. Pour celle-ci, les élèves n'avaient qu'une seule grille en carton, qui avait été créée selon le même procédé que les grilles de l'activité précédente, ainsi qu'un nombre illimité de carrés de six tailles différentes. Ils devaient alors utiliser au minimum un carré de chaque taille, afin de remplir la surface de la grille avec le moins de carrés possibles. Cela a permis de travailler avec eux le fait que plusieurs petits carrés en donnaient un plus grand, qui pouvait alors en donner un de la taille supérieure etc... Ainsi, les élèves qui avaient terminé le plan de maths en avance ont eu l'occasion de faire cette tâche comme activité supplémentaire, dans la continuité de ce qui avait été vu. L'adaptation de ces deux dernières activités, à l'aide des outils technologiques choisis, a permis aux élèves d'expérimenter et tester différentes procédures, comme comparer concrètement les surfaces des différents carrés en les empilant ou en les mettant côte-à-côte.

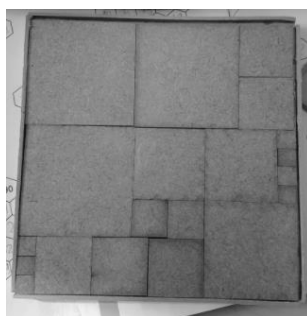


Fig. 8 : Trace de l'expérimentation en classe de l'activité *Le retour des six carrés*

RÉSULTATS

Nous avons comme intention d'augmenter les apprentissages de tous les élèves et, au fil de nos expérimentations, nous avons pu constater que cela permettait plutôt une différenciation. En effet, nous ne pouvons pas être sûrs que le matériel mis à disposition ait aidé tous les élèves. Par contre, nous pouvons affirmer que ces différentes méthodes permettent de créer de la différenciation car, grâce aux pièces créées, nous pouvons apporter un soutien personnalisé aux élèves, selon leurs besoins ou leurs difficultés. Un élève ayant compris une notion rapidement n'aura pas forcément besoin de manipuler des pièces. A l'inverse, un élève qui a des difficultés pourra s'aider en manipulant les pièces, ce qui ajoute un aspect concret lui permettant ainsi de faire plus facilement des comparaisons : il pourra par exemple empiler quatre petits carrés sur un plus grand pour en comparer les aires.

CONCLUSION

Nous pouvons conclure que même si nous ne pouvons pas pleinement être sûrs que les trois supports présentés dans cet article rendent l'enseignement des mathématiques plus concret, ils permettent de faire une réelle différenciation. Chaque méthode a ses particularités et sera plus adaptée pour un certain type d'usage. Par exemple, l'imprimante 3D sera utile pour la création de pièces complexes, mais la découpeuse laser sera, elle, privilégiée pour la création d'un stock de matériel de classe utilisable pour de nombreuses activités différentes. Ainsi, pour choisir la méthode à utiliser, il faudra réaliser une

analyse des besoins et des attentes que nous avons, afin de sélectionner la méthode la plus performante pour perfectionner notre enseignement.

Il est donc essentiel de souligner que les Fablabs sont une source de nouveautés non négligeable, utile pour renouveler nos pratiques, et tout particulièrement pour s'adapter aux besoins de chacun, en permettant de différencier notre enseignement en rendant accessibles certaines notions grâce à la manipulation, ce que les activités des MER n'offrent pas forcément aux élèves. En effet, les exercices proposés se basent principalement sur des notions en 2D. Les outils technologiques que nous avons choisis permettent donc d'adapter ces exercices en 3D, ce qui peut être plus favorable à certains élèves.

REFERENCES

Bosqué, C., Noor, O., Ricard, L., (2014). *FabLabs, etc. : les nouveaux lieux de fabrication numérique*. Paris : Eyrolles.

CIIP (2010). *Plan d'études romand. Mathématiques et sciences de la nature*. Neuchâtel : Secrétariat général de la CIIP.

Fablab HEP Vaud – *Une autre conception de la formation*. (s. d.). Repéré à <http://fablab-hepl.ch/>

Gershenfeld, N. (s. d.). *Les Fab Labs, par Neil Gershenfeld*. Repéré à https://www.ted.com/talks/neil_gershenfeld_on_fab_labs?language=fr

Nicod, R. & Parisod, L. (2017). *Les apports de trois supports différents dans le domaine des mathématiques à l'école primaire* (Mémoire de Bachelor, Haute école pédagogique du canton de Vaud, Lausanne).

Principe de la découpe laser. (2015, mai 15). Repéré à : <http://www.atelierthorey.com/principe-de-la-decoupe-laser/>