

Contribution
professionnelle

L'imprimante 3D pour la scolarisation des élèves en situation de handicap : des expérimentations en classe

Marie-Hélène HEITZ FERRAND

Responsable de la coordination
de l'Observatoire des ressources numériques adaptées (Orna)

Résumé : Cet article se propose de présenter les constats d'une première étude exploratoire sur les intérêts pédagogiques et les limites de l'utilisation d'une imprimante 3D pour la scolarisation des élèves en situation de handicap. Partant des expérimentations mises en place dans trois classes distinctes, après avoir présenté succinctement les contextes et les déroulements, nous mettrons en évidence quelques tendances et points de vigilance dégagés par les enseignants.

Mots-clés : Classe externalisée - Erea - Expérimentation - Fabrication additive - Imprimante 3D - Numérique - Ulis école.

The 3D printer for the education of pupils in a situation of disability: experiments in the classroom

Summary : The purpose of this article is to present the observations made during an initial exploratory study on the pedagogical advantages and limits of the use of a 3D printer for the education of pupils in a situation of disability. On the basis of experiments conducted in three distinct classes, and after succinctly explaining the contexts and actions, we identify several trends as well as points where vigilance is necessary that were observed by the teachers.

Keywords : 3D printer - Additive manufacturing - Externalized class - Digital - Erea (établissements régionaux d'enseignement adapté - Regional institutions of adapted teaching) - Ulis (Unités localisées pour l'inclusion scolaire - Local units for educational inclusion)

INTRODUCTION

Objet mobilisateur et attractif, l'imprimante 3D est un outil technique novateur qui prend peu à peu une place de plus en plus grande dans notre société. Sa présence à l'école, au collège ou au lycée propulse les élèves dans le monde de la recherche et de l'innovation. En effet, elle les amène à disposer d'une technique dont les possibilités continuent d'être explorées dans le monde des sciences et de l'industrie, comme dans celui de la création artistique ou du quotidien des familles. Dans le cadre de sa convention avec le ministère de l'Éducation nationale, l'INS HEA par les activités de l'Observatoire des ressources numériques adaptées (Orna), a reçu mission de mettre en place une étude, s'appuyant sur des expérimentations dans des classes, sur les intérêts de la fabrication additive pour la scolarisation des élèves en situation de handicap. Nous avons ainsi proposé à des enseignants spécialisés de tester une imprimante 3D dans leur classe et de nous faire part de leur expérience.

PRÉSENTATION

Le contexte de cette étude exploratoire

Les outils numériques de plus en plus présents dans la vie quotidienne sont au cœur des politiques publiques, et en particulier de celles de l'éducation. « *Annoncé le 7 mai 2015, le plan numérique s'est déployé progressivement depuis la rentrée 2015 pour que la jeunesse soit de plain-pied dans le monde numérique* » et a pris en compte l'ensemble des élèves. Déjà, la loi de juillet 2013¹ pour la refondation de l'école annonçait « *la création d'un service public du numérique* », s'assurant de l'instruction de tous les enfants et en particulier de ceux à besoins éducatifs particuliers. Afin d'« *aller plus loin et améliorer encore les conditions d'accès à l'enseignement des élèves en situation de handicap* », elle consacrait le principe d'inclusion scolaire et comportait des dispositions concernant aussi « *la formation aux outils numériques des élèves accueillis au sein des établissements et services médico-sociaux* ».

Alors que les ordinateurs, les tablettes ou les tableaux numériques interactifs sont de plus en plus largement utilisés au sein des établissements scolaires, d'autres ressources numériques comme le stylo connecté, le scanner nomade, la webcam, le smartphone, le QRCode ou la réalité augmentée n'ont pas encore pleinement trouvé leur place dans le cadre de la scolarité des élèves. De même, l'impression 3D (I3D) est une technique quasi absente des établissements scolaires, à l'exception des salles de technologie des collèges. Alors que ses champs d'application se multiplient rapidement et que de nombreux secteurs de notre société s'en sont déjà emparés (industrie, quotidien, arts...), le ministère de l'Éducation nationale (la Direction du numérique pour l'éducation) a constitué un groupe de réflexion et d'étude autour des pratiques et innovations mises en œuvre à l'école, au collège et au lycée dans le champ de la fabrication additive. L'observatoire de ressources numériques adaptées, créé par le ministère de l'Éducation nationale et placé sous l'égide de l'INS HEA,

1. Loi n° 2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République.

a pour mission d'analyser les ressources numériques existantes et de mettre en évidence leurs apports pour la scolarisation des élèves en situation de handicap. Ses membres se sont ainsi engagés auprès du ministère dans l'étude de l'impression 3D, afin de questionner son utilisation à l'École, pour une accessibilité toujours plus complète de la scolarité des élèves en situation de handicap.

Des attendus, des questions

Devant cet objet technique numérique, de multiples questions nous sont apparues et plusieurs pistes pouvaient être explorées. Nous pouvions ainsi avoir une focale sur l'objet technique et la démarche technologique, nous intéresser à l'utilisation des pièces imprimées en classe, questionner l'enrichissement des pratiques pédagogiques ou encore voir dans quelles mesures cette machine pouvait servir de support à des apprentissages scolaires pérennes. Nous nous sommes ainsi interrogés sur ses possibles apports dans les parcours scolaires et dans la construction des apprentissages des élèves en situation de handicap.

Notre première hypothèse était que l'utilisation d'objets en 3D allait aider les élèves à acquérir des connaissances sur leur environnement et serait une réponse adaptée à leurs besoins éducatifs. Pour des élèves avec des Troubles des fonctions visuelles (TFV), pour des élèves avec des Troubles de la sphère autistique (TSA), pour des élèves avec des Troubles des fonctions motrices (TFM) ou des Troubles spécifiques du langage et des apprentissages (TSLA), l'introduction d'une imprimante dans la classe et la conception d'objets en 3D, réalisés à la demande, pouvaient-ils être des vecteurs d'apprentissage, par exemple en mathématiques, en langue ou en arts visuels ? Les compétences techniques pour faire fonctionner la machine seraient-elles faciles à acquérir pour les enseignants et simples à mettre en œuvre par les élèves ? Ceux-ci seraient-ils en mesure de maîtriser l'outil, de faire des liens entre l'objet créé et l'objet réel ? Quelle utilisation des objets fabriqués pourraient-ils avoir en classe ? Nous avons par ailleurs émis l'hypothèse du possible rôle de l'I3D pour inscrire les élèves et les enseignants dans une démarche de projet et de sa capacité à proposer des réponses pédagogiques adaptées, en particulier par les objets produits. Même si le développement de savoirs et compétences techniques et numériques pouvait être mis en avant, la possibilité de disposer d'objets concrets, visibles et manipulables, offrant aux élèves une représentation du monde accessible, pouvait-elle modifier leur rapport au monde et répondre à certains de leurs besoins ? L'I3D pouvait-elle permettre de développer l'anticipation, la planification des actions, l'accès à l'abstraction ou encore donner du sens à ce que l'élève apprend en classe ? Devant ces interrogations diverses relatives à l'utilisation d'une imprimante 3D en classe avec des élèves en situation de handicap, nous avons fait le choix de lancer une étude exploratoire ouverte s'appuyant sur des expérimentations en classes. Pour tenter de répondre à certaines de nos questions, nous avons proposé à des enseignants spécialisés d'ajouter l'imprimante 3D aux outils qu'ils employaient dans leur pratique pédagogique et d'en questionner son utilisation. Cet article se propose de présenter les premières observations issues de trois expérimentations qui se sont déroulées au cours des années scolaires 2015-2016 et 2016-2017.

Des expérimentations pour dégager des tendances

Dans le but de disposer de points de vue variés et pour ouvrir au maximum le champ de l'étude, nous avons fait le choix de lancer des expérimentations dans des cadres de scolarisation distincts. Ainsi, les trois classes concernées accueillait des élèves avec des situations de handicap différentes. La première, située à Châtenay-Malabry (92) regroupait des élèves avec des TSA dans une classe externalisée d'un IME², la seconde scolarisait à Paris (10^e) des élèves avec des TFV dans une Ulis³ de l'école Parmentier, la troisième accueillait des élèves hospitalisés à l'hôpital de Garches⁴ (92). D'autre part, les durées des expérimentations n'étaient pas identiques. Ainsi, la classe de Châtenay-Malabry a utilisé l'I3D au cours de deux périodes de deux mois, les élèves de Paris ont passé commande de pièces durant un mois et la classe de Garches s'est appropriée la machine et sa technique pendant 6 mois (de janvier à juin 2017).

Cadre de l'expérimentation

Face aux évolutions rapides de ces machines, et dans un souci d'étudier des solutions variées, nous avons engagé une collaboration avec deux entreprises qui ont accepté de mettre à disposition de classes une imprimante pour des expérimentations. Les imprimantes proposées aux enseignants étaient prêtées par les deux sociétés, la première année par la société A4 Technologie⁵ et la seconde par la société Dagoma⁶, dans le cadre d'une convention avec l'INS HEA. De plus, elles ont chacune proposé une formation courte aux enseignants dans leurs locaux. Elles se sont aussi mises à leur disposition en proposant un accompagnement à l'utilisation des imprimantes à distance, en répondant aux questions soulevées ou aux problèmes techniques rencontrés. Deux modalités distinctes d'expérimentation ont été mises en œuvre : pour deux classes, celle de Châtenay-Malabry et celle de Garches, l'imprimante a été installée dans l'espace de travail, à la vue des élèves. En ce qui concerne la troisième classe, seuls les objets fabriqués étaient mis à la disposition des élèves, l'imprimante fonctionnant dans un autre lieu, à distance de la classe. Ainsi, pour les élèves de Paris, l'imprimante ne leur était pas accessible car installée à l'INS HEA, où Guillaume Gabriel concevait les pièces à leur demande.

Les membres de l'équipe Orna⁷ ont eu un rôle d'encadrement et d'accompagnement des enseignants. Outre la participation aux formations délivrées par les entreprises, leur souci était de proposer des pistes de questionnement aux enseignants, de les aider à construire le cadre de leur expérimentation, tout en leur laissant la liberté de s'approprier l'outil, la technique ou les objets imprimés, et de les inscrire dans leur pratique pédagogique. À la suite d'une visite en classe, à la fin de la période de prêt, un rapport a été conjointement rédigé, rassemblant les conclusions de ces expériences.

2. SISS Appedia <http://www.appedia-autisme.fr/siss-appedia/>

3. Unité localisée d'inclusion scolaire de l'école Parmentier, 159, avenue Parmentier 75010 Paris.

4. Erea Jacques Brel <http://www.erea-brel-garches.ac-versailles.fr/>

5. A4 Technologies (<http://www.imprim-3d.fr/>).

6. Dagoma (<https://dagoma.fr/>).

7. Christian Sarralié, Guillaume Gabriel et Marie-Hélène Heitz (pilote de cette étude).

L'IMPRIMANTE HORS DE LA CLASSE

Avec des élèves malvoyants ou non-voyants

Françoise Guérin, enseignante spécialisée, coordonnait l'Ulis école avec des élèves déficients visuels d'âge primaire et de cycles 2 à 3, à l'école Parmentier (Paris). N'ayant pas la possibilité de profiter de la formation à l'utilisation de la machine et ni de l'installer dans sa classe, elle avait fait le choix de focaliser ses observations sur l'utilisation des objets et sur leurs apports à ses élèves. Au cours du mois d'avril 2016, Guillaume Gabriel s'est familiarisé avec la machine puis a fabriqué des objets, à la demande de l'enseignante. Pendant cette période ont été imprimés de nombreux animaux, des meubles de salon (canapés, chaises, étagères, grande et petite table) et une bicyclette en kit. Tous ces objets ont été réalisés à partir de fichiers provenant de différentes banques d'objets 3D.

Les enfants étaient impatients de toucher les objets dont F. Guérin leur avait parlé. Il s'agissait pour eux de les reconnaître principalement au toucher. Unaniment, le kangourou n'a pas été trouvé réussi, les deux élèves non voyantes de naissance l'ayant d'abord pris pour une girafe. L'éléphant, par contre, a eu beaucoup de succès, pour sa ressemblance et sa texture. Un élève qui perdait progressivement la vue et un autre, âgé de 8 ans, qui l'avait perdu à 3 ans, l'ont tous deux bien reconnu. Par contre, les élèves non voyantes congénitales ont eu besoin de plus de temps : l'une reconnaissait mal les oreilles et les défenses et l'autre, qui n'en avait pas approché, a eu besoin de beaucoup d'aide. Le cachalot imprimé n'a pas trop intéressé les élèves car il était trop petit, pas du tout en proportion avec les animaux marins en plastique présents dans la classe, et parce qu'il n'avait que peu de détails marquants. Les petits meubles ont été particulièrement plébiscités par les filles, qui les ont reconnus facilement. Ils leur ont donné tout de suite envie de mettre en scène des personnages et de leur faire utiliser ce mobilier. Le vélo, dont le pédalier s'était rapidement cassé, a été reconnu et très apprécié, générant l'envie d'installer un personnage dessus. Lorsque l'enseignante leur a demandé ce qu'ils souhaitaient, les élèves ont foisonné d'idées d'objets à imprimer, en lien avec leurs centres d'intérêt, mais aussi en fonction du travail réalisé en classe (un lion, une moto avec un petit personnage, un petit hélicoptère, la tour Eiffel, un petit ballon de football, des bâtiments...).

L'IMPRIMANTE EN CLASSE

Avec des élèves scolarisés dans une classe externalisée autisme

Responsable de la classe élémentaire externalisée dans l'école Jean Jaurès de Châtenay-Malabry, Pierre Dupoix⁸ travaillait en binôme avec Sandrine Da Costa (éducatrice spécialisée). Les séances de sciences, programmées tous les vendredis matins, se déroulaient en collaboration avec Fabrice Krot depuis l'année scolaire précédente (2014-2015). Celui-ci, responsable de la maison des sciences de la commune, animait des ateliers scientifiques auprès des élèves de la classe. Dans ce

8. Enseignant spécialisé à l'IME SISS Appedia.

cadre, P. Dupoix avait accepté de tester l'utilisation de l'imprimante 3D, avec l'idée de présenter, si possible, le travail réalisé à l'occasion du forum des sciences de la ville, fin mai 2016. Pour cela, un prêt au cours de deux périodes distinctes avait permis aux élèves de se familiariser avec cette machine. Compte tenu de diverses contraintes, deux séances avaient eu lieu avec les élèves au cours de la première période, puis une autre seulement au cours de la seconde période.

Le groupe était assez hétérogène. Il comprenait trois élèves relativement performants, qui pouvaient avoir accès au logiciel et l'utilisaient avec aisance : aller chercher une forme, la placer sur le plateau virtuel à l'écran de l'ordinateur, aller récupérer une autre forme, la poser dessus, etc. Par contre, les deux autres élèves avaient plus de mal à entrer dans tout ce qui était abstrait, d'où l'intérêt et la nécessité de partir de la manipulation de pièces réelles et de réaliser des dessins. Le logiciel choisi par F. Krot, Tinkercad⁹, utilisait non pas des dessins mais des formes préétablies identiques à celles en bois que les élèves manipulaient. En rassemblant des volumes de couleurs différentes, (trapèze vert, cube jaune...), les élèves constituaient la forme générale de l'objet désiré (une voiture, puis une fusée), concrètement. Ils pouvaient ensuite transposer leur montage à l'ordinateur avec le logiciel, retrouvant à l'écran des volumes similaires. La forme finale était ensuite imprimée. La difficulté principale pour les élèves était de mettre en relation l'objet en bois, l'image virtuelle et l'objet imprimé. De même, la comparaison de deux objets restait compliquée pour eux. Ce logiciel, accessible et proche d'une réalité vécue, pouvait ainsi à terme, permettre aux élèves de créer un objet en toute autonomie. Enfin, il était important pour tous de voir le résultat rapidement. C'est pour cela que P. Dupoix et F. Krot avaient fait le choix de disposer, en fin de séance, de formes de finition moyenne, moyennant un temps d'impression relativement court. L'essentiel était d'avoir à chaque fois le résultat de ce qui avait été tenté.

Après la découverte de la machine, dans la continuité d'un travail précédent réalisé en classe sur les objets roulants, les enseignants avaient proposé aux élèves de réaliser la forme d'une voiture avec des pièces en bois mises à leur disposition (cylindre, parallélépipède, cône, cube¹⁰...). Puis en utilisant le logiciel Tinkercad, la forme était reproduite à l'ordinateur puis imprimée. D'autres formes conçues par F. Krot étaient aussi imprimées à la suite. Au cours de la deuxième séance, la forme de voiture avait été réimprimée, dans une plus grande taille, et percée de deux trous pour y ajouter les essieux et les roues. Le problème alors était de fabriquer les quatre roues puis de les fixer sur la voiture. L'objectif de la troisième séance était de fabriquer une fusée. Après avoir dessiné « *leur fusée* » telle qu'ils se l'imaginaient, les élèves avaient manipulé à nouveau des pièces en bois et constitué un prototype en trois dimensions. Conçu avec Tinkercad, le projet final avait ensuite été imprimé. Au cours des séances suivantes de sciences, la classe avait cherché des solutions pour faire « *s'envoler* » la fusée et n'avait plus utilisé l'imprimante.

9. <<http://www.tice-education.fr/index.php/tous-les-articles-et-ressources/modelisation-et-impression-3d/791-tinkercad-un-outil-de-modelisation-3d-en-ligne>>

10. Voir photos en annexe 1 : « Expérimentation à Châtenay-Malabry ».

Avec des élèves scolarisés à l'Erea Jacques Brel de Garches

Amar Yassa, enseignant spécialisé, avait la responsabilité d'une classe de 8 élèves de cycle 2, à l'Erea Jacques Brel. Situé au cœur de l'hôpital de Garches, la mission de cet établissement est de scolariser tous les enfants qui s'y trouvaient hospitalisés. Le groupe classe, bien que composé d'élèves ayant sensiblement le même âge (8 ans), était très hétérogène en termes de niveaux scolaires, avec des compétences allant de la Grande section de maternelle au CE1. Les 8 élèves rencontraient des difficultés là encore très différentes, allant des troubles sévères du langage oral (dysphasies), du langage écrit (dyslexie), des praxies (dyspraxies) à la maladie génétique ayant essentiellement des répercussions sur le plan moteur. Certains élèves présentaient également des troubles importants de l'attention et de la concentration. Au sein de la classe, les 8 élèves étaient tous accueillis de 9 heures à 16h30, mais seules les matinées étaient uniquement dédiées à la classe, les après-midis étant souvent interrompus pour des soins ou des rééducations. Le travail en lien avec l'I3D était ainsi inscrit à l'emploi du temps des mercredis matins.

Dès l'installation de l'imprimante dans la classe¹¹, A. Yassa avait informé tous ses collègues enseignants, ainsi que des éducateurs intervenant auprès de ses élèves, de la présence de cette machine dans l'Erea. Il s'était mis à leur disposition pour la réalisation d'objets, selon leurs souhaits et sous réserve d'y parvenir ! Il s'agissait pour lui de mobiliser tout l'établissement et de l'impliquer dans cette aventure. Après un premier test pour fabriquer une petite voiture (à la demande de l'infirmière de l'établissement, pour son fils) et quelques objets souhaités par leurs camarades (un personnage de film d'animation et des personnages Lego), les élèves de la classe ont aussi eu envie de fabriquer des objets pour eux. Un ensemble varié de pions pour chaque élève (fusée, avion, lion,...) a ainsi été conçu pour le « jeu Makaton¹² » de la classe¹³. Une toupie a été imprimée et décorée, les élèves étant curieux de savoir si l'imprimante en était « capable » et souhaitant observer la réalisation, étape par étape, de l'objet. À la demande de C. Kosnikowski, professeur d'éducation physique et sportive, et pour permettre à un élève du groupe ayant une très faible force dans les bras de participer à la même activité sportive que les autres, une raquette expérimentale et légère a été inventée et imprimée. Dans le cadre du projet des classes de cycle 3 de fabriquer un babyfoot, la commande de 12 joueurs a été honorée. À la demande d'A. Barre, professeur d'éducation musicale, une embouchure d'instrument à vent a été imprimée pour qu'il puisse en expliquer concrètement le fonctionnement. Cette embouchure a ensuite été peinte et décorée lors du cours d'arts visuels avec l'enseignant, S. Marrel. Dans le cadre des activités mathématiques, les volumes étudiés en fin de cycle 2 (cube, pavé droit, cylindre, pyramide, cône) ont été imprimés et chaque élève est parti en vacances d'été avec son propre jeu de volumes. Cependant, la demande de D. Guelfi, orthophoniste, n'a pas été exaucée (des tampons à ancrer avec les signes Makaton) car cela impliquait

11. Voir annexe 2 : « Expérimentation à Garches ».

12. Makaton : programme d'aide à la communication et au langage <http://www.makaton.fr/>

13. Voir annexe 3 : « Le jeu Makaton de la classe et ses pions ».

la conception de ces pièces à l'aide d'un logiciel de Dessin assisté par ordinateur (DAO), les fichiers n'existant pas dans les bases de données disponibles.

RETOURS DES EXPÉRIMENTATIONS

À Paris

Les enfants avec des TFV ont apprécié l'introduction de ces objets, conçus en fonction de leur demande. Ils réagissaient aux objets imprimés, même si le degré de reconnaissance et d'appréciation de l'objet était très lié au parcours scolaire, à l'origine sociale, aux conséquences des troubles visuels et à la personnalité de chaque élève. Lorsque l'enseignante leur a demandé ce qu'ils souhaiteraient encore, les élèves ont fait de multiples propositions d'objets à imprimer, en lien avec leur travail en classe. Ainsi, les élèves de cycle 2 auraient aimé les personnages de leur livre de lecture. Une élève de cycle 3 proposait des personnages en lien avec le thème travaillé à cette période : des dieux et demi-dieux de la mythologie. Une autre élève non voyante était intéressée par des objets en lien avec les différents moyens de transport, son thème de prédilection.

F. Guérin a conclu de cette première expérience que de nombreuses activités d'apprentissage en classe pouvaient être enrichies d'objets 3D. Les objets en général semblaient un bon support pour l'expression orale et l'invention de récits. Ainsi, un élève peu loquace a commencé à verbaliser autour des objets créés par l'imprimante. L'enseignante a vu là une piste très intéressante pour mettre en scène des textes dans le cadre de l'apprentissage de la lecture, aussi bien pour les élèves non-voyants que pour ceux malvoyants. Sous réserve d'un coût raisonnable et d'une maîtrise de la technique, elle a imaginé de nombreuses façons de s'approprier les possibilités de cette machine. Elle a ainsi envisagé pour ces élèves l'impression de lettres ou mots en 3D, d'objets de lecture comme les « Alphas¹⁴ », pour les aider à mémoriser. De son point de vue, de nombreux supports intéressants pour les élèves DV pourraient être fabriqués à l'aide de l'I3D, dans des domaines assez divers : lettres et chiffres pour le langage, figures et volumes en mathématiques, animaux et plantes en découverte du monde, objets ou personnages en histoire et géographie... Ces objets seraient alors déclencheurs d'expression et pourraient permettre, par exemple, de travailler le lexique avec des enfants allophones. Judicieux aussi pour la mémorisation, le classement, l'expression orale, les élèves pourraient s'appuyer sur des personnages imprimés pour raconter ou se souvenir...

À Châtenay-Malabry

Les deux enseignants avaient pour objectif que tous les élèves établissent un lien entre une forme réelle, une forme totalement abstraite sur l'ordinateur et un objet réalisé par l'imprimante, ce qui était, pour eux la principale difficulté que les élèves allaient rencontrer.

14. La planète des alphas est une méthode de lecture et d'écriture pour apprendre à lire et à écrire aux jeunes enfants par le jeu.

Durant la troisième séance, il était bien visible que les élèves étaient particulièrement motivés et attentifs, même les deux élèves qui étaient plus en difficulté en compréhension et expression orale. Il y avait chez tous un vrai intérêt pour l'objet technique. Le groupe était composé d'enfants curieux qui appréciaient l'atelier scientifique du vendredi matin. C'était un moment très important pour eux, un moment phare dans leur semaine. Ils y prenaient beaucoup de plaisir et étaient effectivement performants. Ils arrivaient alors à travailler en groupe et à tous participer, même si c'était un peu plus compliqué pour les enseignants à mettre en œuvre.

Au cours des séances, les jeunes ont compris que la pièce réalisée était conçue à partir d'un fil : sur certaines pièces, ils voyaient distinctement l'assemblage par fil. De plus, à la troisième séance, les trois garçons ont montré qu'ils maîtrisaient bien le logiciel. La manipulation et l'assemblage des volumes virtuels n'ont apparemment pas posé de difficulté aux trois élèves qui étaient familiarisés avec l'ordinateur. De plus, dans le quotidien de la classe, diverses photos représentant des objets réels étaient employées (par exemple pour représenter les différentes activités de la journée). Les élèves avaient donc l'habitude de manipuler des photos ou des images. Une activité explicite de comparaison entre l'objet en bois et la forme imprimée n'a pas été mise en place par les enseignants mais les élèves les plus à l'aise n'ont pas semblé être gênés et ont montré qu'ils faisaient le lien entre les deux. Ce n'était, par contre, pas évident pour les deux autres élèves, un garçon avec de grandes difficultés à se concentrer et une jeune fille sans langage oral. Pourtant, la première fois que l'imprimante a fonctionné, les yeux de la jeune élève se sont portés sur l'écran de l'ordinateur, disposé à côté de l'imprimante ouverte. Elle a alors montré avec ses deux doigts les deux objets : l'objet virtuel et l'objet qui s'imprimait. Cela a été, pour les adultes, révélateur du lien qu'elle faisait entre les deux objets, ce qui, pour cette élève, était une réelle activité cognitive.

Pour tous, les temps d'attente, les temps morts étaient compliqués, comme au moment de la mise en route, des ajustements ou des réglages des paramètres... Même si l'imprimante était préparée avant le début de la séance, il y avait toujours des petits temps d'inactivité, lors du passage du logiciel à l'imprimante, par exemple. Forcément, alors, les élèves avaient du mal à rester concentrés sur l'objectif. Il était donc essentiel de prévoir un déroulement de séance comprenant des activités qui mobilisaient tous les élèves, ainsi que des supports pour les aider à se souvenir de ce qu'ils étaient en train de faire, et du sens que cela avait. Un point négatif, en plus des temps d'attentes pendant lesquels les élèves « décrochaient », était que la machine fabriquait des objets qui n'étaient pas très beaux ni bien finis, ou des pièces qui s'ajustaient ou s'assemblaient mal. En effet, le choix d'avoir une impression rapide réduisait d'autant la qualité de finition de l'objet.

À Garches

Les élèves étaient à la fois curieux et motivés par la découverte et l'utilisation de l'I3D. Ils étaient très intéressés par l'imprimante et par ce qu'elle pouvait créer, fiers de disposer d'un tel outil dans leur classe et d'en acquérir la maîtrise. Ils disaient tous avoir aimé réaliser telle ou telle pièce et étaient capables d'en donner certaines caractéristiques, comme sa taille par exemple. Certains précisaient même les réglages

nécessaires avant de lancer une impression. Ils avaient parfaitement mémorisé les phases de fabrication car, interrogés à ce sujet, ils étaient tous en mesure de nommer les étapes. De l'insertion du filament dans la buse à la récupération de la pièce sur le plateau de l'imprimante, leur mode d'emploi comprenant quatorze étapes pouvait être transmis à d'autres classes. Complétant parfois leurs propos d'exemples d'objets fabriqués ou de difficultés rencontrées, ils employaient le vocabulaire technique approprié sans difficulté mnésique, même si A. Yassa complétait parfois de noms anglophones utilisés par le fabricant. Les élèves pouvaient toucher l'objet fabriqué, le manipuler et s'approprier ses caractéristiques par leur sens tactile, un des vecteurs d'apprentissage utile pour ces élèves ayant certains canaux d'acquisition de connaissances entravés. Comme cette expérimentation s'inscrivait dans une démarche de projet, elle permettait aussi à l'enseignant de différencier les activités selon les élèves et donnait à chacun la possibilité de s'appuyer sur ses compétences et les mettre en avant.

Les différentes impressions se voulaient avant tout utiles et en lien avec les apprentissages, après une phase de découvertes et de plaisir liée à la nouveauté et aux possibilités offertes par l'I3D. Cette curiosité et cet enthousiasme sont restés présents tout au long de l'expérimentation et il a alors été possible à l'enseignant d'utiliser cette énergie pour demander aux élèves de réaliser des tâches en lien avec les programmes officiels. Ainsi, par exemple, toute demande de fabrication d'objet devait s'accompagner d'une production écrite. Certains élèves, d'habitude peu motivés pour écrire, se montraient alors pleins de bonne volonté. De même, lorsqu'il s'agissait de retenir un vocabulaire spécifique, de résoudre des problèmes sur les durées ou encore au moment d'imprimer des solides à connaître au cycle 2, l'intérêt ne faiblissait pas et les élèves se concentraient pour réaliser le travail demandé.

L'utilisation de cette machine a permis de résoudre de nombreux problèmes, comme par exemple ceux liés à la durée d'impression, de planifier les actions dans le temps, d'anticiper sur le résultat pour modifier les décisions si besoin, de confronter les élèves à des difficultés concrètes qu'il leur a fallu résoudre. Ils ont travaillé ensemble, tenu compte des compétences ou des difficultés des autres, se sont écoutés et ont fait des choix collectivement. En fonction des élèves, cette expérimentation a permis de développer des compétences dans de nombreux domaines : planification, travail en groupe, résolution de problèmes, respect des consignes de sécurité, utilisation des fonctions simples d'un logiciel et de l'I3D, mémorisation d'un vocabulaire spécifique...

De multiples notions ont été abordées par les élèves afin d'imprimer leurs pièces, même si, bien sûr, elles n'ont pas fait l'objet d'une étude spécifique. Ainsi, l'agrandissement ou la réduction d'une forme ou une figure ont été concrètement vécus, la représentation dans l'espace a été utilisée avec ses trois axes, les volumes ont été largement manipulés, virtuellement et réellement. L'impression a donné lieu aussi à des calculs divers. D'autre part, les compétences langagières des élèves ont été travaillées, et en particulier l'enrichissement de leur vocabulaire (mathématique, spatial, technique...). En effet, pour imprimer correctement, il était indispensable de connaître un certain nombre de mots. Là encore, l'apprentissage se faisait par l'action et par nécessité.

Cependant, la présence d'une I3D dans une salle de classe a nécessité que l'enseignant soit un minimum formé et plutôt à l'aise avec l'outil informatique. A. Yassa a pu découvrir l'imprimante et son utilisation au sein de la société Dagoma qui l'a chaleureusement accueilli, ainsi que les membres d'Orna, le jour du prêt du matériel. Il a cependant regretté que ses connaissances ne lui aient pas suffi pour fabriquer un objet qui n'était pas présent dans la base de données habituellement utilisée. Cela supposait en effet la maîtrise d'un logiciel de dessin assisté par ordinateur, qu'il n'avait pas encore.

En ce qui concernait des aspects plus pratiques, l'enseignant a remarqué qu'il lui fallait disposer de temps pour gérer les aspects matériels. Il était arrivé à plusieurs reprises, par exemple, que l'imprimante soit bouchée et imprime difficilement. Le nettoyage de la buse demandait du temps. Compte tenu des temps scolaires contraints et réduits (par des soins), A. Yassa a regretté que ces problèmes matériels interrompent l'avancée du projet et désorganisent parfois la matinée d'apprentissages prévue. Les durées d'impression pouvaient aussi être problématiques car il lui était impossible de laisser l'imprimante fonctionner sans sa présence. Enfin, au départ, le bruit des impressions, pourtant assez discret, gênait les élèves ayant le plus de difficultés de concentration. Peu à peu, ils s'y sont habitués mais cela pouvait les perturber parfois encore et les empêcher d'apprendre.

Les collègues et les autres élèves de l'établissement ainsi que les partenaires de l'hôpital étaient également très intéressés par l'I3D et son utilisation concrète. Grâce au dynamisme de A. Yassa et aux répercussions positives nombreuses de cette expérimentation, l'imprimante a assez vite trouvé sa place et son utilité dans l'établissement. À tel point que dès la première semaine de la rentrée scolaire suivante, certains revenaient déjà vers lui pour passer commande de nouveaux d'objets !

SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS

Il est ainsi apparu que les objets imprimés, en lien avec des situations d'apprentissage précises, ont aidé les élèves malvoyants ou non-voyants à acquérir des connaissances sur le monde et ont semblé répondre de façon adaptée à leurs besoins. Ces objets étaient attractifs, sans doute parce qu'ils avaient été choisis par les élèves et qu'ils en avaient déjà des représentations mentales. Ces objets ont aussi permis de développer des compétences langagières, et pour certains élèves, eu pour conséquence de leur faire dépasser leurs difficultés à entrer dans des apprentissages. Sous réserve de pouvoir les fabriquer simplement (sans difficulté technique ni coût excessifs), ces objets pourraient permettre de mettre du sens sur de nombreuses notions grâce à leur présence concrète.

Comme les étapes de fabrication n'étaient pas très nombreuses ni complexes, les élèves présentant des troubles envahissants du développement, dans la mesure où ils maîtrisaient l'ordinateur et se partageaient la succession des actions à réaliser, ont été capables de fabriquer des objets. En situation de mise en œuvre d'une démarche technologique, les élèves ont fait du lien entre la forme réelle, la forme abstraite sur l'ordinateur et l'objet réalisé par l'imprimante.

Disposer d'une imprimante dans ou à proximité de la classe a soulevé des problèmes matériels qu'il fallait résoudre : où installer la machine, quand la faire fonctionner,

quelles règles de sécurité mettre en place. De plus, la maîtrise de son fonctionnement était nécessaire. Même si les compétences techniques pour la faire fonctionner n'étaient pas très poussées, les enseignants ont dû les acquérir dans le cadre d'une formation minimale. La proposition d'accompagnement technique à distance, soit lors d'échanges audio ou vidéo, soit par le biais de ressources en ligne sur les sites des sociétés a aussi été utile.

Le temps s'est confirmé un élément prégnant : que ce soit pour rechercher des fichiers d'objets, apprendre à se servir de l'imprimante, la mettre en marche, s'approprier les différentes étapes et imprimer les pièces souhaitées. Il est ainsi apparu utile et donc souhaitable de prévoir un temps assez long d'utilisation de l'imprimante dans la classe, pour donner aux élèves la possibilité de construire durablement des savoirs. Alors, l'inscription de la machine dans la vie scolaire des élèves a été réelle et une démarche de projet a pu se mettre concrètement en place. Les temps « intermédiaires », de même que la durée de fabrication ont entraîné une dispersion auprès d'élèves ayant des difficultés à rester concentrés sur le travail en cours. Les enseignants ont dû réfléchir au déroulement des séances afin que les élèves soient toujours en activité.

En revenant sur les questions que nous nous étions posées au début de cette étude, nous avons vu que ces trois expérimentations ont permis de nous apporter déjà de réponses. Ainsi, l'imprimante 3D, sous réserve qu'elle se trouve dans la classe et que les élèves la fassent fonctionner, a permis de développer des savoirs et des compétences techniques et numériques. Les objets imprimés ont aidé des élèves à acquérir des connaissances sur leur environnement et à modifier leur rapport au monde, ce qui a été le cas, par exemple, pour les jeunes malvoyants ou non-voyants. La machine et les objets produits ont été des vecteurs d'apprentissages comme pour les élèves hospitalisés, confrontés à des problèmes de durée pour s'assurer que le temps d'impression ne risquait pas de dépasser le temps de classe. Plus confrontés à cette difficulté, les élèves avec des troubles de la sphère autistique ont été en mesure de faire du lien entre l'objet réel fabriqué avec les pièces de bois, l'objet à l'écran et celui créé. En ce qui concerne l'anticipation, la planification des actions, l'accès à l'abstraction, il a paru nécessaire de disposer de l'imprimante pendant une période suffisamment longue pour que ces compétences soient travaillées. Pour la question de savoir si l'imprimante 3D a permis aux élèves de donner du sens sur ce qu'ils apprenaient, la motivation et l'attention plus longue au travail proposé pourraient être de bons indicateurs. Enfin, pour ce qui est des compétences techniques à acquérir par les enseignants, elles ne sont pas complexes, sous réserve d'un accompagnement au moment de l'acquisition de la machine et au cours de son utilisation. Une aisance numérique de l'enseignant paraît quand même un bon atout pour ne pas perdre de temps. La simplicité de son utilisation par les élèves a été relevée dans les deux classes, les jeunes ayant spontanément une envie manifeste de s'en servir.

Parmi les éléments convergents que nous pouvons relever, la motivation et l'intérêt viennent en premier. Les compétences langagières et les apprentissages numériques et techniques sont aussi développés grâce à l'I3D. Enfin, le travail de groupe, l'attention aux autres et la participation à un projet commun sont des

aspects retrouvés dans les trois classes. Pour les aspects divergents, nous retenons des contenus d'apprentissages qui varient selon les élèves, en fonction de leurs besoins éducatifs particuliers.

POUR CONCLURE

Nous avons pour objectif de lancer une étude exploratoire sur les avantages et les difficultés que pouvait apporter l'imprimante 3D lorsqu'elle vient s'inscrire au cœur de la scolarisation des élèves en situation de handicap. Au travers d'expérimentations mises en œuvre dans trois classes, nous avons vu se confirmer nos hypothèses relatives à la motivation et l'intérêt des élèves, que l'I3D soit ou non dans la classe, la machine et les objets fabriqués étant vecteurs d'apprentissage, mobilisant concentration et attention, générant la mise au travail de chacun et permettant de dépasser certains blocages à l'apprentissage. Au-delà des compétences dans le champ du numérique, les élèves ont chacun, à leur rythme, progressés et acquis des savoirs nouveaux dans des disciplines variées. Sous réserve d'en disposer assez longtemps, l'I3D a aussi développé les capacités de raisonnement et de mémoire des élèves. Tous ont été amenés à travailler ensemble et à tenir compte des autres. Les aspects matériels et temporels ont, par contre, demandé aux enseignants une attention particulière et ont pu, parfois, entraver la bonne marche du projet. Enfin, un accompagnement des enseignants avant et pendant l'utilisation de l'imprimante est apparue indispensable pour que les élèves soient en mesure d'apprendre. Ces résultats, bien que correspondant à un petit nombre d'élèves, sont très encourageants. Ils devront être vérifiés et confortés par de nouvelles expériences et sans doute mis en miroir de situations de classes ordinaires.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier chaleureusement les enseignants, l'éducatrice, les élèves et tous leurs partenaires qui se sont lancés dans cette aventure et qui ont accepté de nous faire part de leur expérience : Sandrine Da Costa, Pierre Dupoux, Françoise Guérin, Fabrice Krot, Amar Yassa et tous leurs élèves.



ANNEXE 1 : EXPÉRIMENTATION À CHÂTENAY-MALABRY

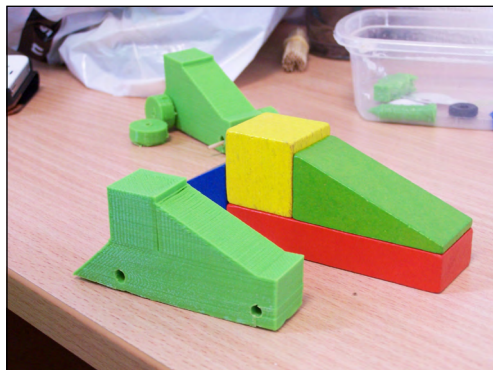


Photo 1 : La voiture en construction



Photo 2 : Séance de classe

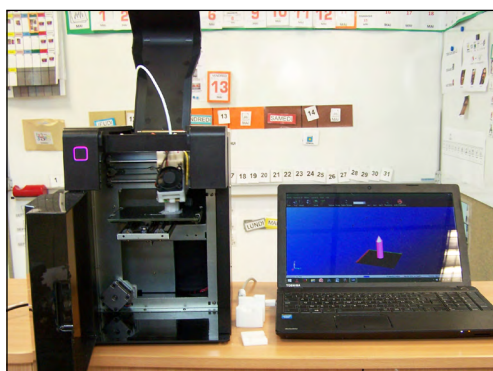


Photo 3 : L'imprimante 3D

ANNEXE 2 : EXPÉRIMENTATION À GARCHES



Photo 4 : Photo de la classe avec au milieu, l'imprimante 3D



Photo 5 : Objets fabriqués par les élèves

ANNEXE 3 : LE JEU MAKATON DE LA CLASSE ET SES PIONS

Il s'agit d'un jeu de l'oie basé sur le programme d'aide à la communication et au langage Makaton. Il a été fabriqué par les élèves, lors de l'atelier Langage qui s'est déroulé dans la classe avec une orthophoniste et une ergothérapeute. Le plateau comporte 120 cases avec des pièges et des bonus mais surtout des « pictogrammes verbes », des « phrases avec des mots et sous forme de pictogrammes » ainsi que des « pictogrammes noms ». Pour y jouer, les élèves utilisent un ou deux dés classiques ainsi qu'un dé « passé-présent-futur » et un dernier dé « pronoms personnels ». Les élèves, en fonction de leurs compétences, doivent soit lire la phrase, soit mettre le nom au pluriel et donner son orthographe, soit conjuguer le verbe à l'aide d'un ou deux dés cités précédemment.

Les parties se sont révélées assez longues et les élèves oubliaient régulièrement la couleur de leur pion. C'est à ce moment que la classe a eu l'idée d'imprimer des pions personnalisés. Les élèves ont alors choisi un objet ou animal qu'ils ont imprimé. Depuis, il n'y a plus de problème d'une partie sur l'autre, chacun retrouve son pion sur le jeu !



Photo 6 : Pions du jeu Makaton