

Lab.RII

UNIVERSITÉ DU LITTORAL CÔTE D'OPALE
Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation

CAHIERS DU LAB.RII
- DOCUMENTS DE TRAVAIL -

N°300

Mars 2016



Serge LE ROUX

L'IMPRIMANTE 3D A L'ECOLE

3D PRINTER AT SCHOOL

Serge LE ROUX

Résumé : La commune de Noordpeene (Nord) a demandé une étude préalable à la mise en place d'une imprimante 3D dans l'école primaire du village. On commence à mieux connaître l'innovation de rupture que constitue l'impression 3D, appelée à remplacer une partie de la production industrielle centralisée dans les usines, au profit d'une fabrication pro-am réalisée localement (Morel, Laure, Le Roux Serge, *Fab Labs : l'usager -innovateur*, ISTE-Editions, Londres, 2016). Les usages sont extrêmement nombreux dans la plupart des productions manufacturières ; ils peuvent aussi concerner l'éducation : l'Administration américaine a mis en place un plan pour doter toutes les écoles du pays d'imprimantes 3D ; en France, quelques noyaux innovateurs tentent des opérations isolées.

Abstract: The town of Noordpeene (North) requested a preliminary study to set up a 3D printer in the village primary school. We begin to learn more about the breakthrough innovation of 3D printing, which will partly replace the centralized industrial production in factories in favor of local pro-am manufacturing (Morel Laure, Le Roux Serge, *Fab Labs – the innovative user*, ISTE-Editions, London, 2016). The uses are numerous in most manufacturing production. Moreover, they may also involve education: the US administration has launched a plan to equip every school in the country with 3D printers. In France, some core innovators are running isolated operations

L'IMPRIMANTE 3D A L'ECOLE
3D PRINTER AT SCHOOL

Serge LE ROUX¹

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
1. LA FABRICATION PERSONNELLE	4
1.1. Fabrication locale (<i>facilité de réalisation / personnalisation / économies</i>)	4
1.2. Fab Lab communautaire	4
1.3. Techniques de fabrication	5
1.4. Les professionnels	5
1.5. Norme officielle	5
2. L'IMPRESSION 3D A L'ECOLE	5
2.1. Travaux manuels	5
2.2. Enseigner la conception et la production individuelle	6
2.3. Outils éducatifs	6
2.4. Apprendre autrement	7
3. LES POLITIQUES PUBLIQUES	8
4. LE MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE	8
4.1. Les orientations du Ministère en matière de numérique	8
4.2. Expériences	9
5. LES ACTEURS ACTUELS DE LA FABRICATION PERSONNELLE	12
5.1. Les Fab Labs dans la région	12
5.2. Autres ressources	13
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	14

¹ Cette note fait suite à une demande du Maire de la commune de Noordpeene (Nord) comme préalable à la mise en place d'une imprimante 3D dans l'école primaire du village.

INTRODUCTION

Traditionnellement, l'école publique reste en retrait des mouvements de la société : par ses fondements (le rôle prioritairement politique de l'éducation) ; le contexte de sa naissance (le monde rural) ; les modes de recrutement et de formation des enseignants ; ses modalités de fonctionnement, etc. elle demeure éloignée des mondes de l'économie, du travail, des technologies. En témoigne sa difficulté historique à incorporer l'informatique dans ses méthodes de travail. Si l'innovation peut néanmoins exister dans quelques-unes de ses structures, c'est le plus souvent l'affaire personnelle de certains enseignants (du moins tant que l'institution tolère ces comportements déviants).

S'il s'agit d'acclimater dans l'école de Noordpeene, une technologie aussi dérangeante que celle de l'impression 3D, il faut déjà mesurer ce handicap de départ. Ce qui ne veut évidemment pas signifier qu'il faudrait encore ajouter de l'immobilisme là où il y en a déjà beaucoup trop. Mais, il faut bien s'imaginer que, sauf miracle, le chemin sera long...

Après avoir présenté brièvement les spécificités de la fabrication personnelle (§ I) puis l'intérêt de l'impression 3D pour l'école (§ II) on examinera quelques cas de politiques publiques actives en la matière (§ III) puis la situation de l'Education nationale dans l'incorporation du numérique (§ IV) ; enfin, on présentera un inventaire de l'état de la fabrication personnelle dans le département et la région (§ V).

1. LA FABRICATION PERSONNELLE

1.1. Fabrication locale (*facilité de réalisation / personnalisation / économies*)

1. « Dès aujourd'hui, on peut aisément fabriquer de petits objets tels que des crochets à vêtements ou des figurines pour enfants avec une machine grand public. Il suffit d'aller dans un centre commercial et d'admirer les vitrines pour voir tous les objets qui sont déjà réalisables de nos jours à la maison : jumelles, boîtes à bijoux, étuis de téléphone. Le fait de pouvoir fabriquer chez soi signifie que l'on peut personnaliser à volonté. Il en résulte une plus grande diversité que ce permet la production en série. Des études ont montré que l'on pouvait économiser des milliers d'euros en fabriquant chez soi de nombreux objets en plastique » (Hausman & Horne, p. 125).

2. « Lorsque que le co-auteur Kirk avait créé ses petits sifflets pour la fête anniversaire de sa fille, il avait fait inscrire les initiales de chaque enfant destinataire dans chaque objet. Deux copines étaient arrivées en retard sans avoir répondu au carton d'invitation. Il a pu leur fabriquer deux sifflets supplémentaires alors que la fête avait déjà commencé dans le jardin » (Hausman & Horne, p. 363)

1.2. Fab Lab communautaire

1. « Pour les objets plus complexes ou devant supporter des contraintes mécaniques supérieures, il suffira de se tourner vers un laboratoire de fabrication locale, qui dispose d'équipements de fabrication additive sophistiqués » (Hausman & Horne, pp. 125-126)

2. « [Le CESE] considère que le développement de Fab Labs locaux répond aussi à cette nécessité d'initiation attractive aux technologies numériques le plus en amont possible » (Ingelaere, p. 16)

1.3. Techniques de fabrication

« Le principe de base de toutes les machines de fabrication additive est de travailler couche par couche. Pour savoir où déposer de la matière dans chaque couche, il faut fournir des coordonnées spatiales en traitant un fichier informatique contenant le modèle 3D de la pièce désirée.

Certaines machines déposent la matière sur un plateau bien horizontal alors que d'autres solidifient en partie des couches successives d'une poudre ou d'un matériau granulaire. Les machines de type RepRap adoptent une des deux géométries suivantes : la géométrie cartésienne (avec trois axes mobiles X, Y et Z à angle droit) et la géométrie delta (les trois axes sont en triangle, ce qui permet de positionner l'extrudeur partout dans l'espace de travail)².

Quelque que soit leur géométrie, ces machines sont conçues pour produire des objets physiques à partir d'une ou de plusieurs matières premières. Les quatre grandes catégories de matériaux de départ sont :

- les photopolymères ;
- les poudres et autres matériaux granulaires ;
- les feuilles (lamination)
- le filament fondu » (Hausman & Horne, pp. 24-25)

1.4. Les professionnels

« ... le développement de nouvelles compétences s'impose dans les domaines logistiques, commerciaux, juridiques et, plus généralement, dans les activités de services » (Ingelaere, p. 17)

1.5. Norme officielle

NF E 67-001 : la fabrication additive est définie comme « un ensemble de procédés permettant de fabriquer, couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique »

2. L'IMPRESSION 3D A L'ECOLE

2.1. Travaux manuels

« Nous sommes tous nés *makers* (il suffit de voir la fascination des enfants pour le dessin, les jeux de construction, les Lego ou les travaux manuels) » (Anderson, p. 16)

² Il existe également des imprimantes 3D polaires.

2.2. Enseigner la conception et la production individuelle

1. « Mais à présent, 30 ans après que les « arts industriels » ont déserté les programmes scolaires et que des pans entiers de nos industries s'en sont allés outre-mer, voici enfin une raison de mettre à nouveau les mains dans le cambouis. Avec la multiplication des outils de fabrication de bureau, le temps est venu de réintroduire la « fabrication des choses » au programme du lycée, pas sous la forme des travaux manuels d'autrefois, mais en enseignant la conception » (Anderson, p. 68)

2. « Les enfants d'aujourd'hui apprennent à utiliser Power Point et Excel en cours d'informatique, et ils apprennent encore à dessiner et sculpter en cours d'initiation artistique. Mais ne serait-il pas beaucoup mieux qu'une troisième option leur soit offerte : le cours de conception ? Imaginez un cours dans lequel les enfants apprendraient à utiliser des outils de CAO 3D gratuits comme Sketchup ou Autodesk 123D. Certains d'entre eux dessineraient des immeubles et des structures fantastiques, comme ils le font aujourd'hui sur leur cahier. D'autres créeraient des jeux vidéo perfectionnés à plusieurs niveaux, avec leurs paysages et leurs véhicules. Et d'autres encore des machines » (Anderson, p. 68)

3. Mieux encore, imaginez que chaque classe de conception dispose de quelques imprimantes 3D et d'une découpeuse laser. Au menu de tous ces outils de conception de bureau figure une ligne *Faire*. Les enfants pourraient fabriquer pour de bon ce qu'ils ont dessiné à l'écran. Considérez ce que cela signifierait pour eux de tenir en main ce qu'ils auraient rêvé. Ainsi créera-t-on une génération de *makers*. Ainsi naîtra une nouvelle vague de créateurs d'entreprises industrielles » (Anderson, p. 68)

4. « Dans son livre (*op. cit.*) Neil Gershenfeld évoque les idées de Seymour Papert visant à unifier les mondes du jeu et du travail en gommant, grâce à de nouvelles inventions, les distinctions entre jouets et outils » (Dittert & Krannich, p. 173)³

2.3. Outils éducatifs

1. Pratiques des enseignants : « Tout nouvel outil n'a d'intérêt qu'à partir du moment où celui qui l'utilise a été formé en ce sens. Il est donc logique que les enseignants qui se chargent d'éduquer les futurs techniciens en fabrication additive s'intéressent à cette technologie. Nombreuses sont les écoles qui commencent à mettre en place des cursus dédiés à l'impression 3D. Ces enseignements sont l'occasion de tester les nouveautés et leurs applications, comme par exemple les objets comestibles à l'université Cornell ou les barques en plastique de l'université de Washington » (Hausman & Horne, p. 138)

2. Equipements scolaires : « Les imprimantes 3D sont devenues très abordables, d'autant que certaines de leurs pièces peuvent être fabriquées en autonomie. Une première machine acquise par une école peut servir ensuite à créer les pièces pour en fabriquer d'autres pour les enseignants comme pour les étudiants » (Hausman & Horne, p. 138)

3. Matériels pédagogiques : « Les enseignants doivent souvent se battre pour disposer d'un nombre d'équipements suffisant pour leurs classes, surtout lorsque la population des étudiants augmente. En disposant d'une seule machine 3D, l'enseignant peut fabriquer les équipements de laboratoire et les objets pédagogiques pour plusieurs cours, qu'il s'agisse de systèmes

³ Traduit par SLR

d'électrolyse alimentés par l'énergie solaire ou de reproductions en volume de sculptures ou d'ossements d'animaux. Il devient possible de fabriquer des échantillons de tissus animaux que les étudiants pourront disséquer sans souffrances animales et présenter des répliques d'objets archéologiques » (Hausman & Horne, p. 138)

4. Précautions : « Certains outils et certaines machines, si ils ne sont pas utilisés correctement, sont potentiellement dangereux pour les élèves aussi bien que pour les autres personnes présentes. Pour des raisons de sécurité, on ne doit pas laisser les enfants seuls, sans adultes responsables » (Posch, p. 65)⁴

2.4. Apprendre autrement

1. « L'émergence de nouveaux modes d'apprentissage et de nouvelles approches pédagogiques est à l'origine, depuis le milieu des années 1990, d'espaces appelés « Fab Lab ». Imaginés par le MIT⁵, ils ont pour ambition de faire se rencontrer des personnes de différents milieux et de modifier le rapport entre enseignants et élèves » (Novel, p. 127)

2. « L'enseignement de l'informatique sous ses différentes formes et l'immersion dans l'univers du numérique doivent être prévus le plus tôt possible dans le cursus scolaire (primaire, collège) et être valorisés tant auprès des garçons que des filles. Une plus grande mixité des métiers de l'informatique et du numérique est une nécessité pour répondre aux besoins de l'économie... Il devrait s'agir d'une démarche autorisant l'expérimentation et la manipulation, ce que l'impression 3D facilite, à la suite des programmes de « La main à la pâte » au milieu des années 1990. Le contexte apparaît particulièrement favorable dans la mesure où, pour les enfants du XXI^e siècle, l'informatique sous toutes ses formes est tout sauf une « nouvelle technologie » puisqu'ils n'ont jamais connu le monde sans elle. Si l'on suit les réflexions et les propositions de l'Académie des sciences en mai 2013, c'est au primaire que doit commencer la sensibilisation des jeunes enfants, poursuivie par l'acquisition de l'autonomie, initiée au collège. La phase de perfectionnement, quant à elle, doit intervenir au lycée. Elle doit également concerner les jeunes des centres de formation d'apprentis, en lien avec les spécialités professionnelles préparées » (Ingelaere, p. 16)

3. « Les étudiants inventaient une nouvelle forme d'alphabétisation » (Gershenfeld, p. 7)⁶

4. « *Fablab@school*, favoriser l'éducation aux sciences et techniques. Paulo Blikstein, professeur à Stanford utilise le Fab Lab de façon innovante. De moins en moins de lycéens se destinent à suivre un cursus scientifique, c'est sur cette observation que le programme « *Fablab@school* » a émergé. Paulo Blikstein a mis en place une série d'ateliers en direction de lycéens pour que l'éducation aux sciences soit « *fun* ». L'objectif du programme est de permettre aux étudiants avec leurs professeurs, d'utiliser le Fab Lab comme outil pédagogique. Travailler sur des expérimentations, des produits et prototypes, la robotique dans une visée de résoudre des problèmes courants sont au cœur du programme. Les premières expérimentations du « *Fablab@school* » ont débuté en Russie en 2011. <http://stanfordmakersclub.ning.com/page/fablabschool-1> » (Eychenne, p. 35)

⁴ Traduit par SLR

⁵ Massachusetts Institute of Technology, Boston (USA)

⁶ Traduit par SLR

5. « Les enfants relayent les expériences qu'ils ont vécues dans le Fab Lab dans les autres matières du programme, comme les mathématiques, la physique, l'informatique, mais aussi les arts, les travaux manuels, la géométrie, etc. » (Posch, p. 70)⁷

6. « L'intérêt pédagogique de l'activité éducative dans et par les Fab Labs est de construire et de renforcer une connexion directe entre un produit physique et un modèle abstrait » (Schelhowe, p. 98)⁸

3. LES POLITIQUES PUBLIQUES

1. **Etats-Unis** : « ... le gouvernement Obama a lancé début 2012 un programme destiné à aménager dans les écoles américaines, au cours des quatre prochaines années, un millier de makerspaces équipés d'outils de fabrication numériques tels qu'imprimantes 3D et découpeuses laser. En un sens, on en revient ainsi aux cours de travaux manuels, mais désormais adaptés à l'ère du web. Et cette fois, les pouvoirs publics ne visent plus à préparer des tâcherons voués aux postes subalternes mais une nouvelle génération de concepteurs de systèmes et d'innovateurs industriels » (Anderson, pp. 23-24)

2. **Etats-Unis** : programme MENTOR (sponsorisé par la DARPA) : distribution de machines de fabrication additive dans les universités (Hausman & Horne, p. 138)

3. **Etats-Unis, Royaume-Uni, Australie, Afrique du Sud** : programme SOLID : programme d'apprentissage, de la maternelle jusqu'au lycée (Hausman & Horne, p. 138)

4. **Royaume-Uni** : « Dans le cadre d'une refonte du programme scolaire au Royaume-Uni destiné à mieux préparer les jeunes actifs de demain, le ministère de l'éducation britannique a débloqué 500 000 livres⁹ pour aider les écoles à s'équiper en imprimantes 3D et prévoit l'apprentissage de la programmation informatique et l'utilisation d'imprimantes 3D dès l'âge de cinq ans » (Ingelaere, p. 16)

5. **France** : « Les travaux de notre assemblée ont révélé un déficit d'information tant des entreprises que du grand public sur l'impression 3D, sur la nature, le rythme et le contenu des transformations qui peuvent en découler pour le système productif, la structuration de la chaîne de valeur, les métiers et l'organisation du travail » (Ingelaere, p. 15)

4. LE MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

4.1. Les orientations du Ministère en matière de numérique

- Najat Vallaud-Belkacem, ministre de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche : « donner à chaque enfant les clés pour réussir dans une société irriguée par le numérique... offrir un potentiel de renouveau pédagogique... écosystème global de l'e-Education, depuis les contenus et services jusqu'au matériel » (30/11/2015)

⁷ Traduit par SLR

⁸ Traduit par SLR

⁹ Soit environ 650 000 euros.

- Concertation nationale sur le numérique pour l'éducation, 7 mai 2015 : 60 000 participants ; 150 rencontres
- Appel à projets e-FRAN « espaces de formation, de recherche et d'animation numériques » : 30 M €
- Plan numérique : 300 écoles et 300 collèges connectés à la rentrée 2015 (40 % des établissements connectés à la rentrée 2016 ; 70 % en 2017 ; 100 % en 2018)
- Mathieu Jeandon, Direction du numérique pour l'éducation :
 - Eduthèque : mise à disposition des enseignants des ressources numériques produites par des institutions publiques : Arte, Le Louvre, la BNF, le CNRS ;
 - Viaeduc : réseau social professionnel des enseignants (GIP) : Réseau Canopé, CNED, Laboratoire Techne de l'université de Poitiers, Editions Belin, Les Argonautes, Beechannels, Leancurve...
 - M@gistère: formation en ligne, tutorée, des enseignants ;
 - Manuels scolaires : tablettes pas assez diffusées (à cause du manque d'engouement des éditeurs pour créer des ressources numériques interactives) ;
 - « Nous essayons de ne pas mettre de carcans en matière de développement d'usages. Si nous organisons des échanges de bonnes pratiques et que nous mettons à disposition des ressources, nous prenons bien soin de conserver l'essentiel de la liberté d'initiative au niveau local »

4.2. Expériences

a. Le Collège Albert Samain (Roubaix)*

Le Fab Lab a été créé avec l'aide d'une association spécialisée : Secouezlecours.fr (Jean-François Cauche)

Les élèves ont pu créer des manettes de jeu et des interfaces tactiles interactives, en recyclant du matériel électronique.

En 6^e, ils sont producteurs de ressources pédagogiques en géographie prospective (microcontrôleurs électroniques et capteurs en matière d'habitat) et en mathématiques.

En 4^e et en 3^e, ils créent des jeux interactifs pour apprendre et réviser.

Résultats : « La mise en œuvre de cet espace collaboratif a permis de modifier en profondeur les pratiques pédagogiques et de faire s'exprimer la créativité de l'élève à partir du numérique qui est son quotidien. Ce lieu et cette approche sont générateurs de la réussite de tous les élèves, qui deviennent acteurs de leur formation et, notamment, par la production de contenus de façon individuelle et collaborative. Par ailleurs, cette action accélère la mise en œuvre d'une pédagogie différenciée et diversifiée au sein de la classe (Lucas Gruez, Khadija El Tazarani, professeurs d'histoire-géographie) » (Présentation du salon Educatec, 2016).

b. L'École régionale pour déficients visuels (ERDV) Ignace Pleyel de Loos

A l'ERDV de Loos, on apprend les mathématiques avec des robots.

L'École régionale pour déficients visuels (ERDV) Ignace Pleyel de Loos accueille 120 élèves, malvoyants, non-voyants ou en situation de handicap, de l'école élémentaire jusqu'au baccalauréat professionnel. L'établissement met en place des pratiques pédagogiques innovantes pour répondre aux besoins de ses élèves.

Une réponse pédagogique adaptée à des besoins particuliers

Deux professeurs de mathématiques et de technologie ont fait un constat : certains élèves ont besoin d'éléments palpables, matériels et tangibles pour pouvoir appréhender et assimiler des notions mathématiques. Leurs élèves, en situation de handicap, malvoyants ou non voyants, ont besoin d'outils adaptés, certains concepts mathématiques étant difficiles à se représenter.



Construire de nouveaux outils pédagogiques avec des Lego®

Les Lego® Mindstorms® utilisés pour construire les robots sont dotés d'une brique intelligente programmable grâce à un logiciel adapté aux élèves malvoyants. Les robots possèdent différents capteurs (son, couleur, lumière, contact, distance, gyroscope) des servomoteurs programmables, un haut parleur indispensable aux élèves non-voyants et un écran adapté.

Certaines pièces des robots sont conçues en salle de classe grâce à une imprimante 3D

Pour permettre la réalisation de parcours mathématiques, des tapis ont été fabriqués. Les tracés des parcours sont réalisés en relief pour permettre aux élèves braillelistes de se repérer.

Le ludique au profit de l'apprentissage

Pour renforcer l'attractivité de l'outil et motiver les élèves dans la réalisation de leurs exercices, les professeurs forment des équipes et organisent des concours. Ils inventent aussi des scénarios, et les élèves doivent alors sauver la princesse avant que le robot maléfique ne l'atteigne. Sans s'en rendre compte, les élèves travaillent sur la proportionnalité, le théorème de Pythagore et les angles.



Les robots permettent aux élèves de travailler sur différentes notions mathématiques :

- une droite graduée permet de réaliser des additions et soustractions, et de travailler sur les nombres relatifs
- programmer le robot pour atteindre un point donné en dressant un tableau et réalisant des produits en croix pour appréhender les notions de proportionnalité
- un parcours pour travailler sur les angles
- le travail sur les fractions, et notamment les multiplications de fractions
- l'utilisation des robots pour des QCM. Une bonne réponse, le robot avance, sinon il faudra recommencer.

Le vendredi 9 octobre 2015, Luc Johann, recteur de l'académie de Lille, chancelier des universités, s'est rendu à l'École régionale pour déficients visuels Ignace Pleyel, à Loos.

A cette occasion, le professeur de technologie et le professeur de mathématiques ont présenté ce projet d'apprentissage par le jeu, dont ils sont à l'origine. Monsieur le Recteur a félicité ce projet, et a rappelé que l'on a « beaucoup à apprendre des pratiques pédagogiques utilisées auprès des élèves à besoins particuliers »

c. Une semaine très scientifique au lycée Ribot de Saint Omer

Le lycée a vécu au rythme de la science lors de la *Semaine de la Science* qui s'est déroulée du 5 au 11 octobre 2015.

Le jeudi 8 octobre, les élèves du lycée et les collégiens du collège Saint Bertin ont pu découvrir plusieurs ateliers :

Atelier 1 : principe de fonctionnement d'une éolienne, expérience de mise en évidence de l'effet de serre. Démonstration de fonctionnement d'une caméra thermique

Atelier 2 : observations solaires avec le CERA

Atelier 3 : démonstration de fonctionnement de l'imprimante 3D

Atelier 4 : présentation de la cabine analysant la qualité de l'air de Saint Omer par Monsieur Vincent Pouchain et Madame Laure Roussel « d'Atmo Nord Pas de Calais »

Atelier 5 : présentation d'un élevage d'abeilles véritable bio-indicateurs de l'environnement.

Le vendredi 9 octobre, le ballon sonde s'est élevé dans le ciel à 14h.00 précise, après plusieurs heures de préparation. Un drone l'a suivi sur plusieurs centaines de mètres. Grâce au signal GPS, les collégiens et les lycéens ont tracé le parcours pendant l'après-midi. Il a éclaté à environ 35 000 mètres d'altitude et grâce à son parachute, la nacelle a pu regagner la terre ferme. Elle a été récupérée en parfaite état aux environs de Marchiennes.

Au cours de cet après-midi, toujours, les drones ont décollé de la cour du lycée et ont fourni des images magnifiques de Saint Omer. L'atelier musique et physique a, quant à lui, rencontré un vif succès. Les élèves ont pu s'initier à la harpe laser. La soirée s'est ensuite achevée avec le concert de Monsieur Morisseau suivi des prestations d'anciens élèves de l'option musique accompagnés par Monsieur Jannequin à la harpe.

d. Le Collège Louis Aragon de Torcy (Seine-et-Marne)

« Les réalisations en technologie s'inscrivent à partir de la classe de 5^e, dans des démarches de conception. Elles ont essentiellement pour but de concrétiser des solutions techniques en vue de les tester et de pouvoir mesurer les écarts avec les performances attendues. Les nouveaux programmes d'août 2008 accentuent ces démarches en appui sur une chaîne numérique la plus complète possible : modélisation puis simulation et/ou réalisation d'un modèle réel permettant les expérimentations. Dès lors, la génération de pièces par prototypage rapide type CFAO ou impression en trois dimensions (3D) devient une nécessité pour favoriser des activités pédagogiques ancrées sur des techniques actuelles. Les élèves comprennent ainsi la manière avec laquelle est conçue une pièce ou un objet pour le rendre fonctionnel instantanément et vérifier si des changements sont nécessaires. M. Kaled M'Rassi, professeur de technologie a franchi le pas en faisant acquérir par son établissement une imprimante 3D¹⁰ » (Jean Cliquet, Académie de Créteil, nd).

e. Les actions de l'Université de Lorraine dans les classes primaires

¹⁰ Prix d'achat (en 2010) : 1 000 € ; une trentaine d'heures de montage. Projets effectués : en classe de 3^e : un appareil de rééducation du genou programmable ; en classe de 4^e : une bielle de distributeur de savon automatique. Perspectives : une collaboration avec le professeur d'arts plastiques.

L'Université de Lorraine (Equipe de recherche sur les processus innovatifs de l'Ecole nationale supérieure en génie des systèmes et de l'innovation) organise des sessions de sensibilisation des élèves de cours moyen.

f. Les formations organisées par le Campus de Lille

Organisées par le Campus Arts et Métiers de Lille (Aurélien Fussel ; Franck Rykaczewski)

Avec le concours d'EveryTek, association de passionnés (ingénieurs, techniciens, autodidactes)

4 formations de 1 à 5 jours :

- *L'impression 3D, une révolution en cours*
- *La fabrication numérique, analyse de retours d'expériences*
- *La chaîne numérique : du scan 3D à l'impression 3D*
- *Repenser ses conceptions avec l'impression 3D*

5. LES ACTEURS ACTUELS DE LA FABRICATION PERSONNELLE

5.1. Les Fab Labs dans la région

- département du Nord
 - Lille : *Mutualab ; Osilab*
 - Villeneuve d'Ascq : *Fab Lab Lille* (avec Roubaix : *MEUH Lab*)
 - organisateurs du *Makathon* : éolienne imprimée en 3D
 - organisateur d'un séminaire avec l'INPI
 - atelier de construction d'imprimante 3D
 - Jeumont : *La Gare numérique*
 - Roubaix : Collège Albert Samain (voir ci-dessus)
- département du Pas-de-Calais
 - Calais : *Fab Lab Côte d'Opale*, avec Tektos Business Club (CCI Côte d'Opale, SNCF Développement, Vivendi, Ville de Calais, CAP Calais, Eilco-Ulco) :
 - expérience de fabrication d'ex-libris au Musée de l'Estampe de Gravelines
 - Louvre-Lens et Communauté d'agglomération de Lens-Liévin (avec l'Université d'Artois)
- département de la Somme
 - Amiens : *La Machinerie*
- département de l'Aisne
 - Château-Thierry : *Fab Château-Thierry*
 - Soissons : *Fab Lab Soissons* (Lycée Leonard de Vinci)
- département de l'Oise
 - Beauvais : *L'Atelier*
 - Senlis : *Labio*

5.2. Autres ressources

- a. Mes propres lieux de travail
- i. Réseau de Recherche sur l'Innovation (vice-président)

- ii. Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation – Université Lille Nord de France (chercheur associé)
 - iii. Association française du Télétravail et des Téléactivités (vice-président)
 - iv. Société internationale Jean-Baptiste Say (membre)
 - v. Cabinet de conseil Adalid (consultant)
- b. Les contacts que je connais
- i. Le Palais de l'Univers et des Sciences, Cappelle-la-Grande
 - ii. Université de Nancy
- c. Les sources potentiellement intéressantes
- i. Salon Educatec (Paris, Porte de Versailles, 9-11 mars 2016)
 - ii. Lille : Campus Arts-et-Métiers (formation) : voir ci-dessus
 - iii. CCI Nord : Renée Ingelaere, auteur d'un rapport au Conseil économique, social et environnemental
 - iv. Education nationale : Réserve citoyenne
- d. Les autres ressources possibles
- i. Agence de papier de presse (Roncq) : impression en vernis sélectif
 - ii. ANDEV (Dunkerque) : aide aux responsables territoriaux intervenant prioritairement dans la gestion des écoles du premier degré et dans le domaine de l'action éducative*
 - iii. ARBS (Marcq-en-Barœul) : fournisseur de contenus pédagogiques dématérialisés pour offre de services aux familles et accompagnement des établissements scolaires dans leurs projets de développement du numérique en milieu scolaire*
 - iv. Arketype Laser (Villers-Bretonneux – Somme) : fournisseur d'une gamme complète de machines laser : gravure, découpe, marquage*
 - v. Auchan
 - vi. Club Impression 3D et fabrication additive Nord-Pas de Calais
 - vii. Dagoma (Roubaix) : fabrication d'imprimantes 3D
 - viii. Elanplast (Tincques) : impression 3D professionnelle
 - ix. Guillaume Morlet (Marck) : extrudeuse de filament
 - x. Leroy-Merlin (Atelier TechShop de fabrication collaboratif à EuraTechnologies, avec l'Université catholique de Lille)
 - xi. « *Maker Faire* » (Eindhoven-NL) : animation dans le cadre de Lille3000
 - xii. MPC Technologies (Lézennes) : présentation de l'impression 3D aux élèves du Lycée des Flandres à Hazebrouck
 - xiii. Skema Business School (Lille)
 - xiv. Texilis (Coudekerque-Branche) : bobines de fil en lin pour imprimante 3D
 - xv. Top Office (Villeneuve d'Ascq)

3. Fournisseurs potentiels de matériels

- 3D PRO (Lisses – Essonne) *
- CAD Vision (Guyancourt – Yvelines) *
- Dood (Paris 19^e) *
- MultiStation Prototypage rapide (Dinard – Ille et Vilaine) *
- Technologie Service (Saint Galmier – Loire) *
- Volumic (Nice – Alpes maritimes)

*présence au salon Educatec

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Académie des sciences, *L'enseignement de l'informatique en France : il est urgent de ne plus attendre*, mai 2013.

Anderson Chris, *Makers, la nouvelle révolution industrielle*, Pearson, Montreuil-sous-Bois, 2012.

Dittert Nadine, **Krannich** Dennis, Digital Fabrication in Educational Contexts, Ideas for a Constructionist Workshop Setting, in Walter-Herrmann & Büching, op. cit. pp. 173-180.

Eychenne Fabien, *Tour d'horizon des Fab Labs*, FING, Paris, 2012.

Gershensfeld Neil, *The Coming Revolution on Your Desktop, from Personal Computers to Personal Fabrication*, Basic Books, New York, 2007.

Hausman Kalani Kirk, **Horne** Richard, *L'impression 3D pour les Nuls*, First Interactive, Paris, 2014.

Ingelaere Renée, *Innovations technologiques et performance industrielle globale : l'exemple de l'impression 3D*, Avis et rapport du Conseil économique, social et environnemental, Paris, 2015.

Novel Anne-Sophie, *La vie share, mode d'emploi, consommation, partage et modes de vie collaboratifs*, Manifesto alternatives, Gallimard, Paris, 2013.

Posch Irene¹¹, Fabricating Environments for Children, in Walter-Herrmann & Büching, op. cit. pp. 65-72.

Schelhowe Heidi, Digital Realities, Physical Action and Deep Learning, Fab Labs as Educational Environments? in Walter-Herrmann & Büching, op. cit., pp. 93-103.

Walter-Herrmann Julia, **Büching** Corinne (eds) *Fab Lab of Machines, Makers and Inventors*, Transcript Verlag, Bielefeld, 2013.

Publications récentes de Serge Le Roux sur le thème

Book, with Morel Laure, *Fab Labs: The Innovative User*, ISTE, London, 2016 (forthcoming).

Ouvrage, avec Morel Laure, *Fab Labs : l'utilisateur innovateur*, ISTE, Londres, 2016.

Article : « Fab Labs : assembler les compétences de la communauté locale pour créer une nouvelle forme d'entreprise : l'artisanat collectif », in Uzunidis Dimitri, Manier Justine (dir.) *Innovations de proximité et esprit d'entreprise*, Marché et Organisations, L'Harmattan, Paris, 2016, pp. 171-182.

Editorial : « L'impression 3D comme alternative à la rivalité mimétique de René Girard », Site RRI (http://rrifr.univ-littoral.fr/?page_id=175) janvier 2016 (FR/EN).

Article : « Vers l'émergence d'un artisanat collectif : les ouvertures offertes par les Fab Labs, du village à la communauté », in Boutillier Sophie, Fournier Claude, Perrin Cédric, *Le temps des artisans, permanences et mutations*, Marché et Organisations, L'Harmattan, Paris, 2015, pp. 173-200.

¹¹ Responsable du projet HappyLab in Vienna (Autriche)

Paper: « The Intangible Economy: Fab Labs « Individualised Production of Objects », A Stage in Liberating the Function of Innovation », *Journal of Innovation Economics & Management*, 2015/2, n°17, Walliser Elisabeth, Mignon Sophie (eds) Intellectual Capital and Business Innovation, pp. 99-116.

Contribution : « Le télétravail augmente la productivité : le calcul est simple », *Business Room SFR* : Travail à distance : les avantages pour l'entreprise, juin 2013.

Article : « Elargir sa zone de recrutement par le télétravail », *Personnel, revue de l'ANDRH*, n° 539, mai 2013, pp. 84-85.

Communication : « Le télétravail comme inauguration d'une nouvelle séquence Technologie-Travail-Territoire, axe de construction collaborative de la proximité », 7^{es} Journées de la Proximité « Créativité, Innovation et Proximité », HEC Montréal, 21-23 mai 2012.

Document de travail : « Le télétravail, axe de construction collaborative de la proximité », *Cahiers du LabRII*, n° 253, mai 2012, 21 p.

Communication : « Homeshoring, ouverture d'une voie économique nouvelle », Forum V de l'innovation « La nouvelle alliance industrielle. Entrepreneurs, innovation et création de valeur dans la mondialisation », Maison de l'Europe, Paris, 5 avril 2012.